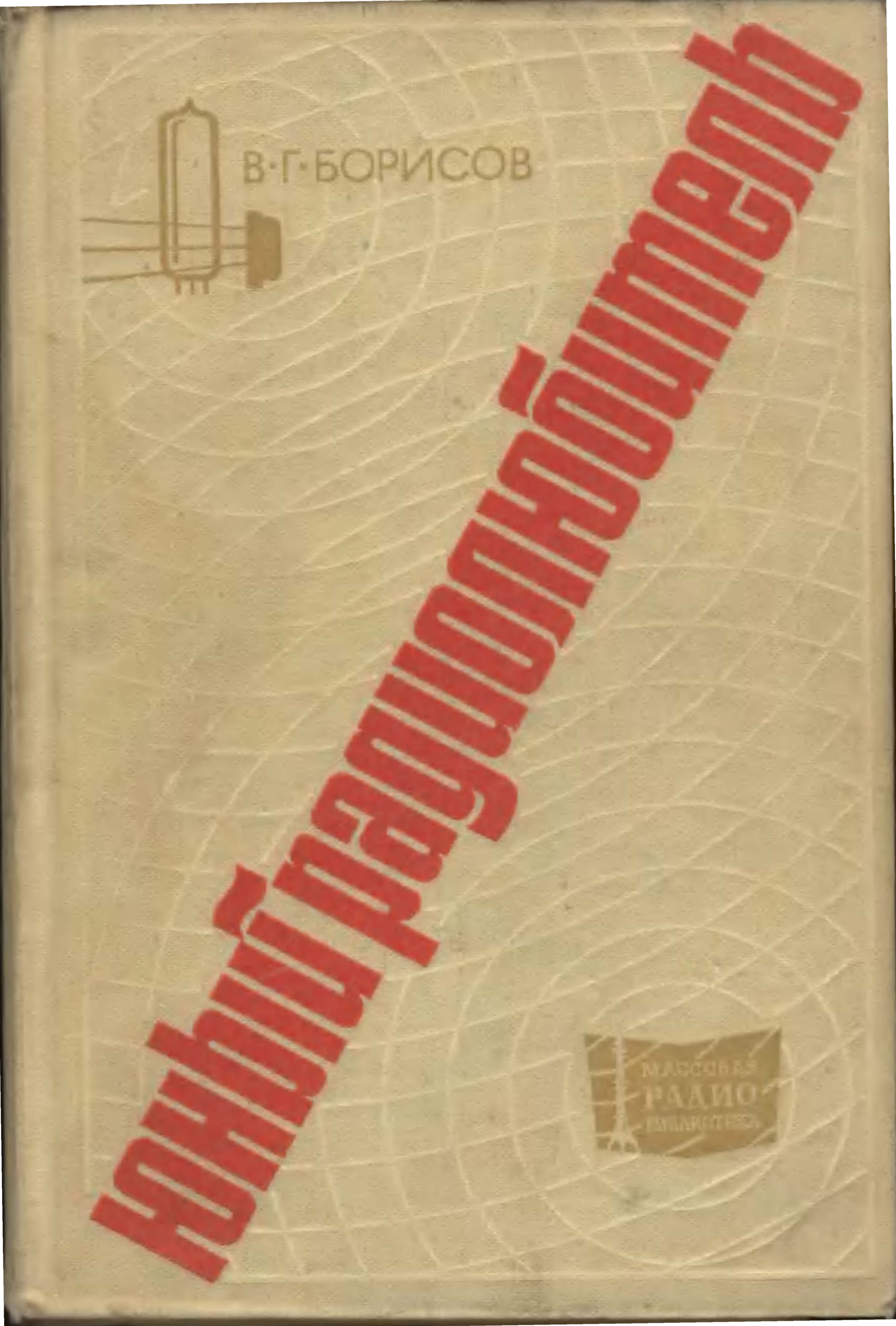

В·Г·БОРИСОВ
юный радиолюбитель
МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

МАССОВАЯ
РАДИОБИБЛИОТЕКА

ВЫПУСК 764



В. Г. БОРИСОВ

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

ИЗДАНИЕ ПЯТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА · 1972

6Ф
Б82
УДК 621.396

Борисов В. Г.

Б 82 Юный радиолюбитель, изд. 5-е, пер. и доп., М., «Энергия», 1972. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 764).

472 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 764).

В форме популярных бесед книга знакомит читателей с историей и развитием радио, с элементарной электро- и радиотехникой, с современным применением радиоэлектроники. Она содержит около 50 описаний различных по сложности конструкций приемников и усилителей низкой частоты, радиоузла, аппаратуры для радиоспорта, электромузыкальных инструментов, автоматически действующих электронных устройств, аппаратуры радиоуправления моделями, простых измерительных приборов и приспособлений, учебно-наглядных пособий по радиотехнике. В конце книги дан справочный материал.

Книга предназначена для широкого круга начинающих радиолюбителей и может быть использована в качестве практического пособия для школьных кружков.

3-4-5
294-71 **6Ф**

Виктор Гаврилович Борисов

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

Редактор *В. А. Васильев*
Технический редактор *Л. А. Пантелеева*
Переплет художника *Е. В. Никитина*
Корректор *З. Б. Шлайфер*

Сдано в набор 29/XII 1970 г. Подписано к печати 23/III 1972 г. Т06150. Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2. Печ. л. 29,5. Уч.-изд. л. 39,43. Тираж 100 000 экз. Цена 1 р. 79 к. Зак. 1536.

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» им. А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, г. Ленинград, Гатчинская ул., 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбители — удивительно непоседливый народ. Они никогда не останавливаются на достигнутом, всегда экспериментируют, ищут новое. Они активно участвуют в радиофикации страны, внедряют радиотехнические средства в различные отрасли народного хозяйства, создают новые оригинальные конструкции приемников и усилителей, телевизоров и звукозаписывающих аппаратов, автоматические устройства, измерительные приборы и многое другое, вносят свой посильный вклад в развитие радиоэлектроники.

Наиболее многочисленный отряд этого замечательного движения — юные радиолюбители. Им, сидящим сейчас за школьной партой, радиолюбительство помогает закреплять на практике знания, получаемые в классе, приобщает их к общественно полезному труду, расширяет их общетехнический кругозор, ибо радиолюбительство политехнично в своей основе.

Для радиокружков школ и внешкольных учреждений и множества ребят, для которых радиолюбительство стало любимым занятием, и предназначена эта книга. В этом издании учтены предложения и пожелания, высказанные читателями в письмах и на конференциях юных радиолюбителей, проведенных в различных городах страны. В него введены новые беседы, знакомящие с «Охотой на лис», электромузыкальными инструментами, с организацией радиосвязи в Вооруженных Силах нашей Родины. Кроме того, значительно обновлены описания радиолюбительских конструкций и приборов, предлагаемых для самостоятельного изготовления. В практической части эта книга является обобщением опыта кружков школ и внешкольных учреждений.

Редакция Массовой радиобиблиотеки и автор выражают благодарность организаторам и участникам читательских конференций, всем читателям, приславшим отзывы на предыдущие издания книги «Юный радиолюбитель», и ждут отзывов и пожеланий по данному изданию.

Письма просим направлять по адресу: Москва, М-114, Шлюзовая наб., д. 10, издательство «Энергия».

РЕДАКЦИЯ МАССОВОЙ РАДИОБИБЛИОТЕКИ

Юный друг

Эта книга — всего лишь букварь, который поможет сделать только первый шаг к познанию Большой радиотехники. Но и на этом небольшом пути тебя ожидают и трудности, и радости побед.

Сначала ты будешь строить простейшие приемники, чтобы познакомиться с азбучными истинами радиотехники. На этом этапе ты почувствуешь себя первоклассником, как это было несколько лет назад. Затем ты начнешь изучать и строить более сложные приемники и усилители. А потом...

Но не буду забегать вперед. Запомни одно: если хочешь стать радиолюбителем, накапливай знания, опыт, вырабатывай в себе упорство и настойчивость в достижении цели. Тогда на твоем пути к познанию радиотехники будет открыта широкая дорога, придет уверенность в своих силах, а она принесет радость победы.

Желаю тебе на этом пути больших успехов.

В. Борисов

БЕСЕДА ПЕРВАЯ

Истоки радио

В нашей первой беседе я не собираюсь посвящать тебя, юный друг, в историю всех открытий, исследований и во все этапы практического использования электрических и магнитных явлений природы, лежащих в основе радиотехники. Это было бы слишком длинно и, может быть, даже скучно сейчас для тебя. Я расскажу лишь о самом, на мой взгляд, главном из этой истории, о наиболее важных явлениях, без знания которых ты не сможешь толком осмыслить работу даже самого простого радиотехнического прибора.

В глубь веков

Открытие электрических явлений легенда приписывает мудрейшему из мыслителей древней Греции Фалесу, жившему более двух тысячелетий назад.

...В окрестностях древнегреческого города Магнезия люди находили на берегу моря камешки, притягивавшие мелкие железные предметы. По имени этого города их называли магнитами (вот откуда пришло к нам слово «магнит»!). Собирая эти таинственные камешки, Фалес находил и другие, не менее интересные, к тому же красивые и легкие. Они не притягивали, как магниты, железных предметов. Зато они обладали другими весьма любопытными свойствами: если их натирали шерстяной тряпочкой, то к ним прилипали пушинки, легкие кусочки сухого дерева, травы. Такие камешки мы сейчас называем янтарем. Древние же греки янтарь называли электроном. Отсюда и образовалось впоследствии слово электричество.

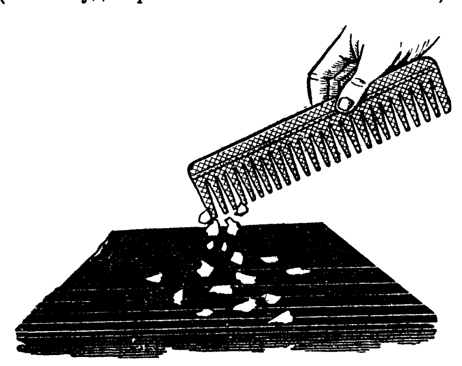


Рис. 1. Наэлектризованная расческа притягивает пушинки, волоски, кусочки бумаги.

Это интересное явление природы, именуемое электризацией тел трением, ты можешь наблюдать сам сейчас же, не отправляясь к морю на поиски кусочков окаменевшей смолы ископаемых растений — янтаря. Натри пластмассовую расческу шерстяной тряпочкой и поднеси ее к мелким кусочкам тонкой бумаги (рис. 1): они мгновенно, подпрыгнув, прилипнут к наэлектризованной расческе, а через некоторое время опадут на стол. А если наэлектризованную расческу поднести к волосам? Волосы притянутся к расческе, причем это явление иногда сопровождается появлением искр — сверхминиатюрных молний.

А вот еще один опыт. На два сухих спичечных коробка положи хорошо протертое стекло, а под него — те же кусочки тонкой бумаги. Сложи шерстяную тряпочку тампоном и натирай им стекло сверху (рис. 2). Ты увидишь, как запрыгают, запляшут под стеклом кусочки бумаги!

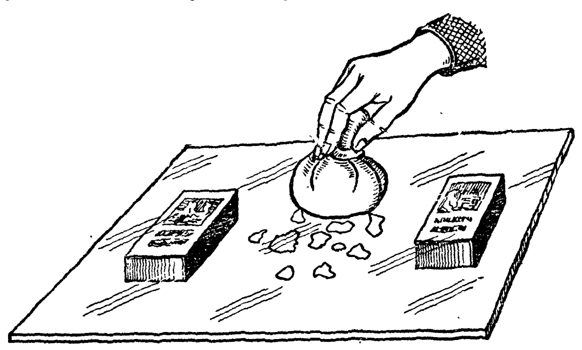


Рис. 2. Под электризующимся стеклом кусочки бумаги «танцуют».

Ничего загадочного здесь нет: натертые шерстью расческа или стекло приобретают электрический заряд, благодаря которому они подобно магниту притягивают легкие кусочки бумаги, волосинки. Но ни древние греки, ни другие мыслители и философы на протяжении многих столетий не могли объяснить это свойство янтаря и стекла.

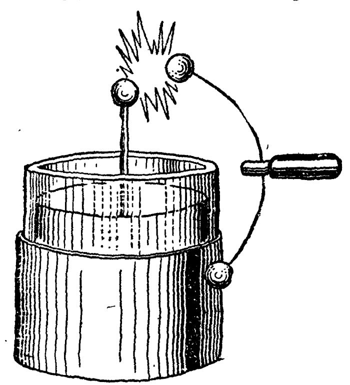


Рис. 3. Лейденская банка (конденсатор) *для накопления электричества.*

В XVII в. немецкому ученому Отто Герике удалось создать электрическую машину, извлекавшую из натираемого шара, отлитого из серы, значительные искры, уколы которых могли быть даже болезненными. Но разгадка тайн «электрической жидкости», как в то время называли это электрическое явление, не была тогда найдена.

В середине XVII в. в Голландии, в Лейденском университете, ученые нашли способ накопления электрических зарядов. Накопителем электричества были «лейденская банка» (по названию университета) — стеклянный сосуд, стенки которого обклеены снаружи и изнутри фольгой из свинца (*рис. 3*). *Подобные приборы мы называем* сейчас **электрическими конденсаторами** (слово «конденсатор» означает «сгуститель»), *а их* не соединяющиеся между собой полоски фольги — **обкладками** конденсаторов.

Лейденская банка, подключенная к электрической машине, могла накапливать и долго сохранять значительное количество электричества. Если ее обкладки замыкали кусочком толстой проволоки, то в месте замыкания проскакивала сильная искра и накопленный электрический заряд прибора мгновенно исчезал. Если же обкладки заряженного конденсатора соединяли тонкой проволочкой, она быстро нагревалась, вспыхивала и плавилась, т. е. перегорала, как мы часто говорим сейчас. Вывод мог быть один: по проволоке течет электрический ток, источником которого является электрически заряженная лейденская банка — конденсатор.

Более совершенный, а главное непрерывный источник электрического тока изобрел в конце XVIII в. итальянский физик Александро Вольта. Между небольшими круглыми пластинками из меди и цинка он помещал суконку, смоченную раствором кислоты (рис. 4). Пока прокладка влажная, между пластинками и раствором происходит химическая реакция, создающая в проводнике, соединяющем пластинки, слабый электрический ток. Соединяя пары металлических пластинок параллельно в батарею, можно было получать уже значительной величины ток.

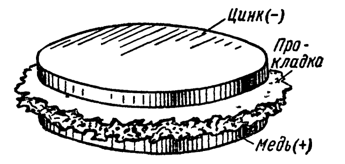


Рис. 4. Элемент Вольта.

Такой источник тока называют гальваническим элементом (по имени Луиджи Гальвани, открывшего явление электрического тока), а соединенные параллельно или последовательно элементы — батареями гальванических элементов. Тогда же эти батареи называли по имени их изобретателя «вольтовыми столбами». Они то и положили начало электротехники.

К тому времени практика убедила ученых, что существует два «сорта» электричества. Один из них, соответствующий электрическому заряду медной пластинки, они стали условно считать положительным, а второй, соответствующий заряду цинковой пластинки — отрицательным. В соответствии с таким условием первую пластинку — полюс источника тока стали именовать положительным и обозначать знаком «+», а второй полюс — отрицательным и обозначать знаком «—». Точно так же условно стали считать, что ток течет от положительного к отрицательному полюсу элемента или батареи.

Здесь мы вынуждены забежать немного вперед, чтобы ответить на вопрос, который, вероятно, у тебя возник.

Что такое электрический ток?

Наука говорит, что электрический ток — это упорядоченное движение электрических зарядов.

Чтобы разобраться в этом вопросе, придется мысленно проникнуть внутрь микромира вещества.

Веществом, или материей, называют все то, из чего состоят все существующие в природе предметы, тела: твердые, жидкие, газообразные. Все они образуются из атомов. Атомы чрезвычайно малы. Единица длины миллиметр совершенно непригодна для их измерения, так как она слишком велика Не годится для таких измерений ни тысячная доля миллиметра — микрон, ни миллимикрон, который в тысячу раз меньше микрона. Здесь подходит только ангстрем — десятая доля миллимикрона. Диаметр атомов различных веществ бывает от 1 до 4 ангстрем. Другими словами, на участке длиной 1 *см* свободно укладывается от 25 до 100 млн. атомов.

Некогда предполагали, что атом — мельчайшая неделимая частица вещества. Слово атом и означает «неделимый». Но впоследствии ученые узнали, что и атом состоит из более мелких частиц: в центре атома любого вещества находится ядро, размеры которого примерно в 100 тыс. раз меньше размеров всего атома. А потом оказалось, что и ядро состоит из еще более мелких частиц, которые были названы протонами и нейтронами.

Теперь ученые успешно разрушают, или, как говорят, расщепляют ядра атомов и получают огромную скрытую в них энергию — атомную. На атомных электростанциях эта энергия превращается в энергию электрического тока. На атомной энергии работают некоторые виды кораблей, например ледоколы и подводные лодки.

Атом можно представить как мир микроскопических частиц, вращающихся вокруг своей оси и одна вокруг другой. В центре этого микромира находится плотное, массивное ядро, вокруг которого обращаются во много раз еще более

мелкие, чем ядро, частицы — **электроны**. Электроны образуют оболочку атома.

Каковы размеры электронов? Чрезвычайно малы. Если булавочную головку мысленно увеличить до размера нашей планеты Земли, то при этом каждый атом металла, из которого сделана иголка, увеличился бы до размера шара диаметром 1 *м*. И вот в центре такого фантастически увеличенного атома мы увидели бы его ядро — шарик величиной в типографскую точку, вокруг которого носились бы еле заметные пылинки — электроны (рис. 5).

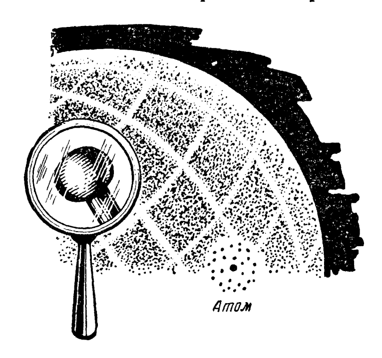


Рис. 5. Таким представляется нам атом.

Если пожелаешь узнать размеры электрона, раздели число 3 на единицу с 12 нулями. Получишь примерный диаметр электрона, выраженный в долях миллиметра.

Мы назвали электроны «частицами». Однако это название не следует понимать в том смысле, что электрон представляет собой нечто вроде твердого комочка или шарика. По современным научным представлениям электроны можно уподобить облачкам, окружающим атомное ядро и обращающимся вокруг него. Электрон как бы «размазан» по оболочке атома. Однако для наглядности объяснения некоторых физических явлений электроны часто условно, как бы символически, изображают на рисунках в виде шариков, обращающихся вокруг атомного ядра подобно искусственным спутникам вокруг Земли. Этого будем придерживаться и мы.

Число электронов в атоме каждого химического элемента строго определенно, но неодинаково для разных химических элементов. Самое простое устройство имеет атом газа водорода — его оболочка содержит всего один электрон (рис. 6). Оболочка атома гелия (газ, которым наполняют трубки для светящихся красным светом вывесок, рекламных надписей) имеет два электрона.

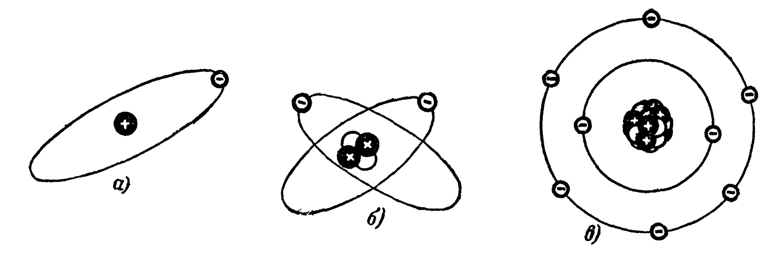


Рис. 6. Схематическое устройство атомов некоторых химических элементов.

а — водород; *б* — гелий; *в* — кислород (орбиты электронов кислорода изображены в одной плоскости).

Атомы других химических элементов содержат больше электронов, причем их электронные оболочки многослойны. Атом кислорода, например, имеет 8 электронов, расположенных в двух слоях: в первом — внутреннем, ближнем к ядру, слое движутся 2 электрона, а во втором — внешнем — 6 электронов. У каждого атома железа по 26 электронов, а у каждого атома меди по 29 электронов. И у атома железа, и у атома меди электронные оболочки четырехслойные: в первом слое — 2 электрона, во втором и третьем — по 8 электронов, а во внешнем, четвертом, слое — остальные.

Электроны, находящиеся во внешнем слое оболочки атома, называют валентными. Запомни название электронов этой оболочки атомов: валентные. Мы не раз будем вспоминать о валентных электронах, особенно когда пойдет разговор о полупроводниковых приборах.

О числе электронов в атомах различных веществ ты можешь узнать из таблицы химических элементов, составленной великим русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым. Эта таблица имеется в химическом и физическом кабинетах твоей школы. Пока запомни: число протонов в ядре атома всегда равно тому числу электронов, которое должно быть в электронной оболочке атома данного вещества.

Каждый протон атомного ядра несет положительный (+) электрический заряд, а каждый электрон атомной оболочки — отрицательный (—) заряд, равный заряду протона. Нейтроны, входящие в состав атомного ядра, не несут никакого заряда.

Тебе, конечно, приходилось забавляться магнитом. Ведь только существованием невидимого магнитного поля, пронизывающего пространство вокруг его полюсов, можно объяснить явление притягивания им железных предметов. Благодаря этому полю можно, например, заставить гвоздь держаться на столе вертикально, не касаясь его магнитом. А если попробовать соединить два магнита одноименными полюсами? Они будут отталкиваться! А разноименными? Полюсы магнитов притянутся и прилипнут друг к другу.

Подобным образом ведут себя и электрические заряды: одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Если электроны имеют заряд, противоположный по знаку заряду протонов, значит между ними в атоме все время действуют электрические силы, удерживающие электроны возле своего ядра.

«А почему электроны не падают на ядро?», — спросишь ты. Потому что они обращаются вокруг ядра с огромной скоростью. Не падает же на Землю Луна, хотя Земля и притягивает своего вечного спутника.

Поскольку в атоме суммарный отрицательный заряд всех электронов равен суммарному положительному заряду всех протонов, он внешне не проявляет никаких электрических свойств. Говорят, что такой атом электрически нейтрален. Это внутриатомное свойство можно сравнить с таким явлением: если на две чашки весов положить по одинаковому числу копеечных монет, весы будут в равновесии. Валентные электроны, находящиеся на наибольшем отдалении от ядра, удерживаются ядром слабее, чем более близкие к нему. При различных внешних воздействиях, например при нагревании, натирании или под влиянием света, валентные электроны некоторых веществ могут покидать свои атомы и даже пределы тела, в которые они входили. Такие электроны, покинувшие свои атомы, называют свободными.

А что же происходит с атомом, потерявшим один или несколько электронов? Его внутреннее электрическое равновесие нарушается. В нем начинает преобладать положительный заряд ядра, и атом в целом становится положительным. Такой атом называют положительным ионом. В этом случае он, как и магнит, стремится притянуть к себе оказавшиеся поблизости свободные электроны или «отобрать» их у соседних атомов, чтобы восполнить потерю и снова стать электрически нейтральным.

А если в электронной оболочке атома появится лишний электрон? Такой атом будет проявлять свойства отрицательного заряда. Это будет уже отрицательный ион. При первой же возможности он вытолкнет лишний электрон за свои пределы, чтобы вновь стать электрически нейтральным.

Одинаковые атомы или атомы разных химических элементов, соединяясь, образуют молекулы. Водород, например, обычно состоит из молекул, в каждую из которых входит по два водородных атома. При этом электронные оболочки обоих атомов сливаются (рис. 7). В такой молекуле оба электрона движутся вокруг двух атомных ядер. Тут уже нельзя различить, какой из электронов какому из двух атомов принадлежит. Если же два атома водорода соединяются с одним атомом кислорода, то получится молекула воды. Все тела состоят именно из

молекул, а не из отдельных атомов. Бумага, например, на которой напечатана эта книга, «соткана» из молекул клетчатки, в которые входят атомы водорода, кислорода и углерода.

Молекула, как и атом, электрически нейтральна, если общее число электронов в ней равно общему числу протонов, находящихся в ее атомных ядрах. Если же в молекуле число электронов будет меньше числа протонов, она будет нести положительный заряд, а если больше числа протонов — она будет иметь отрицательный заряд. Если перенести каким-либо способом часть электронов из атомов или молекул одного тела в другое, то вокруг этих тел, в том числе и в пространстве между ними, возникнут электрические силы, или, как говорят, создастся электрическое поле.



Рис. 7. При соединении двух атомов водорода в молекулу их электронные оболочки сливаются.

Вот тебе и разгадка «секрета» расчески, натертой о сукно или шелк. При трении о сукно расческа отдает сукну часть электрических зарядов — электризуется. Вокруг наэлектризованной расчески возникает электрическое поле, вследствие чего она и приобретает способность притягивать легкие предметы.

Электрическое поле действует и между двумя частями одного и того же тела, например в куске металла, если в одной части его имеется избыток электронов, а в другой — недостаток. Возникают условия для перемещения избыточных электронов к той части тела, где их недостает.

Заряд одного электрона ничтожно мал. Но если электронов много и если заставить их двигаться внутри тела в одну сторону, образуя поток отрицательных зарядов, получится то, что мы называем электрическим током.

Однако не в каждом теле имеются условия для прохождения электрического тока. Дело в том, что атомы и молекулы различных веществ бладают неодинаковыми свойствами. Так, валентные электроны легко покидают оболочки металлов и беспорядочно, хаотично движутся непрерывно между атомами. В металлах очень много свободных электронов. По существу металл состоит из положительных ионов, расположенных в определенном порядке, пространство между которыми заполнено свободными электронами (рис. 8). В металле невозможно различить, какой электрон к какому из атомов относится, они сливаются в единое электронное «облако». Огромное количество свободных электронов в металлах создает в них наиболее благоприятные условия для электрического тока. Нужно только превратить хаотическое движение электронов в упорядоченное, заставить их лавиной двигаться в одном направлении.

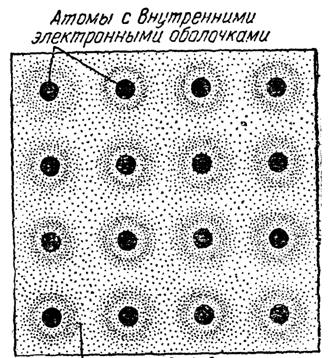


Рис. 8. В металле пространство между атомами заполнено свободными электронами.

А в некоторых телах и веществах почти нет свободных электронов, так как они прочно удерживаются ядрами. У молекул и атомов таких тел трудно «отобрать» или «навязать» им лишние электроны. В таких телах нельзя создать электрический ток.

Все тела и вещества, в которых можно создавать электрический ток, называют проводниками. Те же тела и вещества, в которых нельзя создать ток, называют непроводниками, изоляторами или диэлектриками.

Кроме металлов, проводниками являются уголь, растворы солей, кислоты, щелочи, живые организмы и многие другие тела и вещества. Надо, однако, сказать, что в растворах солей электрический ток создается не только электронами, но и положительными ионами. Непроводниками электрического тока являются воздух, стекло, парафин, слюда, лаки, фарфор, резина, пластмассы, различные смолы, маслянистые жидкости, сухое дерево, сухая ткань, бумага и другие вещества. Фарфоровыми, например, делают изоляторы для электропроводки, лаки используют для покрытия проводов, чтобы изолировать провода от других предметов.

Есть большая группа веществ, именуемых **полупроводниками**. К полупроводникам относятся, например, германий, кремний. По проводимости тока они занимают среднее место между проводниками и непроводниками. Считав-

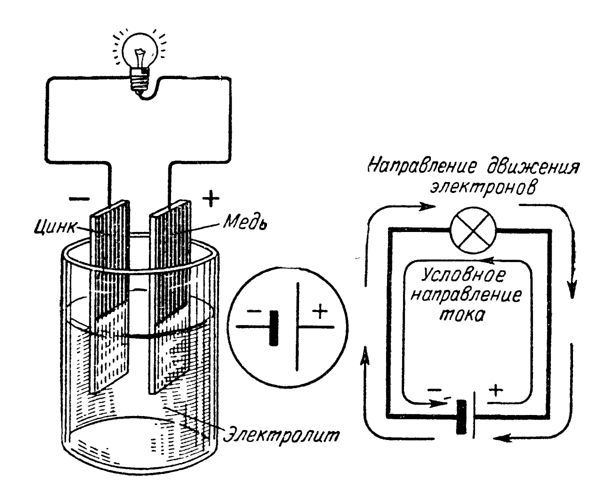


Рис. 9. Устройство простейшего гальванического элемента и замкнутая электрическая цепь. В кружке показано условное обозначение элемента на схемах.

шиеся когда-то непригодными для практических целей, сейчас они стали основным материалом для производства всех современных полупроводниковых приборов, например транзисторов.

Каким образом в проводнике, скажем, в нити накала электрической лампочки, заставить обилие свободных электронов двигаться упорядоченно, в одном направлении? Для этого надо искусственным путем создать на концах проводника разные электрические заряды, или, как говорят, **разность потенциалов**, подключив их, например, к полюсам гальванического элемента.

Гальванический элемент (рис. 9) является наиболее простым химическим источником тока. Он состоит из цинковой и медной пластинок — **электродов**, помещенных в **электролит** — раствор соли или кислоты, например серной. Как и в элементе Вольта, в результате химической реакции, происходящей между пластинками-электродами и электролитом, на цинковом электроде образуется избыток электронов — отрицательный заряд, а на медном электроде возникает недостаток электронов — положительный заряд. Говорят, что между электродами элемента действует **электродвижущая сила** (сокращенно э. д. с.), **напряжение** или **разность потенциалов**. Термины «напряжение» и «разность потенциалов» обозначают одно и то же явление. Близкое к ним понятие «электродвижущая сила» очень широко используется

в технической терминологии. О разнице между э. д. с. и напряжением я подробно расскажу тебе в пятой беседе.

Ты уже знаешь, что полюсы элемента обозначают знаками плюс и минус. Эти знаки ты видел, например, возле жестяных выводных пластинок батареи, предназначенной для карманного электрического фонаря. Между прочим, эта батарея также состоит из гальванических элементов, только сухих. Там их три. Несколько элементов, соединенных между собой, и называют батареей.

Как только подключим концы проводника к полюсам элемента или батареи, составленной из гальванических элементов, получится замкнутая электрическая цепь. По ней, как по мостику, электроны будут двигаться туда, где имеется недостаток в них, т. е. от отрицательного полюса через проводник к положительному полюсу элемента. Это и есть упорядоченное движение свободных электронов в проводнике — электрический ток. Он течет через проводник потому, что во всей цепи существует электродвижущая сила, имеется электрическое напряжение. Ток в цепи будет течь до тех пор, пока электрическая цепь замкнута и действует элемент. Если цепь разорвать, ток в проводнике прекратится.

Эту простейшую электрическую цепь можно разделить на два основных участка: внешний и внутренний. К внешнему участку цепи относится все, что подключается к полюсам источника тока (на рис. 9 — лампочка и соединительные проводники), а к внутреннему участку — та часть цепи, которая заключена внутри самого источника тока.

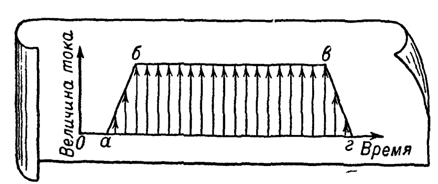


Рис. 10. График постоянного тока.

Запомни: замкнутая электрическая цепь — обязательное условие для существования в ней тока. В разомкнутой цепи ток не течет. Можно сообщить разноименные заряды двум изолированным друг от друга телам, например шарикам, подвешенным на шелковых нитках. Шарики будут притягиваться друг к другу, но тока между ними не будет, так как их разделяет изолятор — воздух.

Хотя электроны в проводнике движутся от отрицательного полюса (где избыток их) к положительному (где недостаток в них), однако и сейчас, как в прошлом веке, принято считать, что ток течет от плюса к минусу, т. е. в направлении, обратном движению электронов.

Ты можешь спросить: почему бы сейчас не узаконить правильное направление тока? Дело в том, что это потребовало бы переработки всех учебников, всей технической литературы, имеющей прямое или косвенное отношение к электротехнике и радиотехнике. Условное направление тока, кроме того, положено учеными в основу ряда существующих правил, связанных с определением многих электрических явлений. В то же время такая условность никаких особых неудобств не создает, если твердо помнить, что направление тока противоположно направлению движения электронов.

Во внешнем участке электрической цепи ток течет все время, пока действует элемент, в одном и том же направлении. Такой ток называют постоянным. Его можно изобразить графически, как показано на рис. 10. Точка перекрещения осей обозначена нулем (0) и является исходной для графического изображения времени и величины тока в цепи.

О чем может рассказать этот график? Сначала (отрезок времени *Оа*) тока в цепи нет (ток равен нулю), так как к источнику тока не был подключен внешний участок цепи. Ток появился, когда цепь замкнулась (точка *а*). Он быстро возрос до некоторой величины (точка *б*) и не изменялся до тех пор, пока цепь была замкнута (точка *в*). Когда цепь разомкнули, ток быстро уменьшился и исчез совсем (точка *г*). Если электрическую цепь снова замкнуть, в ней опять появится ток. Так примерно выглядит график тока, текущего через лампочку карманного электрического фонаря, когда его включают на короткие промежутки времени.

Через соединительные проводники и нить накала лампочки, изображенные на рис. 9, электроны движутся слева направо — от минуса к плюсу. Но если полюсы элемента поменять местами, электроны во внешнем участке цепи потекут справа налево, так как теперь минус окажется на правом участке цепи, а плюс — на левом. Изменится только направление движения электронов, но ток и в этом случае будет постоянным.

А если полюсы гальванического элемента менять местами очень быстро и к тому же ритмично? В этом случае электроны во внешнем участке цепи тоже будут попеременно изменять направление своего движения. Сначала они потекут в одном направлении, затем, когда полюсы поменяют местами, — в другом, обратном предыдущему, потом вновь в первом, опять в обратном и т. д. Во внешней цепи будет течь уже не постоянный, а переменный ток.

Ты, вероятно, знаешь, что в сетях электрического освещения течет именно такой — переменный, а не постоянный, как в электрическом карманном фонаре, ток. Его вырабатывают машины, называемые генераторами переменного тока. Знаки электрических зарядов на полюсах генератора непрерывно меняются, но не скачком, как в нашем примере, а плавно. Заряд того полюса генератора, который в некоторый момент времени был положительным, начинает убывать и через долю секунды становится отрицательным; отрицательный заряд сначала возрастает, потом начинает убывать, пока снова не окажется положительным, и т. д. Одновременно меняется знак заряда и другого полюса. При этом напряжение и величина тока в электрической цепи также периодически изменяются.

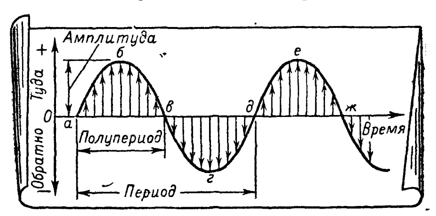


Рис. 11. График переменного тока.

Графически переменный ток изображают в виде волнистой линии — синусоиды, показанной на рис. 11. Здесь вверх по вертикальной оси отложено одно направление тока, условно названное нами «туда», а вниз — другое направление тока, обратное первому: «обратно».

О чем может рассказать этот график? Ток в цепи появился в момент времени, обозначенный точкой *а*. Он плавно увеличивался и шел в одном направлении — «туда», достиг наибольшей величины (точка *б*) и так же плавно убывал до нуля (точка *в*). Исчезнув на мгновение, ток вновь появился, плавно возрастал и протекал в цепи, но уже в противоположном направлении — «обратно». Достигнув наибольшего значения (точка *г*), он снова уменьшился до нуля (точка *д*). Потом ток, опять последовательно возрастая и уменьшаясь, тек в первом направлении, затем снова во втором, опять в первом и т. д., все время меняя свои направление и величину.

При переменном токе электроны в проводнике как бы колеблются из стороны в сторону. Поэтому переменный ток называют также электрическими колебаниями. Движение электронов сначала в одну, а потом в другую сторону считают одним колебанием тока, а время, в течение которого происходит одно полное колебание, — периодом. Половину колебания называют полупериодом, а наибольшую величину тока во время каждого полупериода — амплитудой.

Переменный ток выгодно отличается от постоянного тем, что он легко поддается преобразованию. Так, например, при помощи специального устройства — трансформатора — можно увеличить напряжение переменного тока или, наоборот, понизить его. Переменный ток, кроме того, можно выпрямить — преобразовать в постоянный ток. Все эти свойства переменного тока широко применяются в электро- и радиотехнике.

Все то, о чем я рассказал тебе в этом немного затянувшемся отступлении, сейчас знает каждый старшеклассник. Ты со дня своего рождения пользуешься благами электричества, иногда даже расточительно, не задумываясь над тем, что ученые всего-навсего каких-нибудь лет 100 назад только-только нащупали пути практического использования этого щедрого дара природы.

Электричество и магнетизм. Какая между ними связь?

В 1819 г. датский профессор физики Ганс Эрстед открыл прямую связь между электричеством и магнетизмом. Проводя опыты, он обнаружил, что всякий раз, когда он включал ток, магнитная стрелка, находящаяся поблизости от проводника с током, стремилась повернуться перпендикулярно проводнику, а когда ток выключал, магнитная стрелка возвращалась в исходное положение. Ученый сделал вывод: вокруг проводника с током возникает магнитное поле, которое воздействует на магнитную стрелку.

Ты можешь в этом убедиться, если сам проведешь аналогичный опыт. Для этого тебе потребуются четыре вещи: батарейка и лампочка для карманного электрического фонаря, медный провод толщиной 0,2—0,3 *мм* в эмалевой, хлоп-

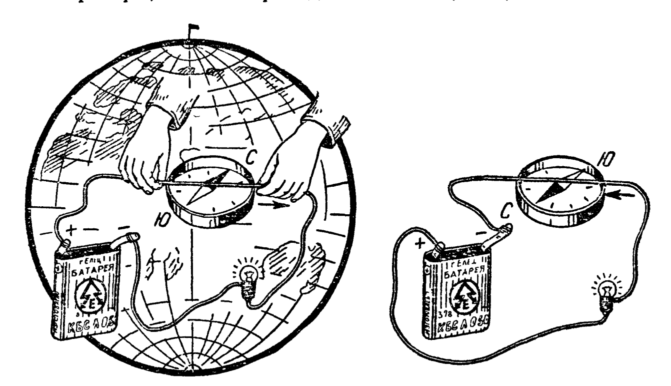


Рис. 12. При изменении направления тока в проводнике меняется и направление силовых линий магнитного поля.

чато-бумажной или шелковой изоляции и компас. С помощью отрезков провода, удалив с их концов изоляцию, подключи лампочку к батарейке. Лампочка горит, потому что образовалась электрическая цепь. Батарейка является источником питания этой цепи. Поднеси один из соединительных проводников поближе к компасу (рис. 12), и ты увидишь, как его магнитная стрелка сразу же станет поперек проводника. Она укажет направление круговых магнитных силовых линий, рожденных током. Наиболее сильное магнитное поле тока будет возле самого проводника. По мере удаления от проводника магнитное поле, рассеиваясь, ослабевает.

А если изменить направление тока в проводнике, поменяв местами полюсы батарейки? Изменится и направление магнитных силовых линий — магнитная стрелка повернется в другую сторону. Значит, направление силовых линий магнитного поля, создаваемого током, зависит от направления тока в проводнике.

Какова в этих опытах роль лампочки? Она служит как бы и н д и к а т о р о м — прибором, свидетельствующим о наличии тока в цепи. Она, кроме того, ограничивает ток в цепи. Если к батарейке подключить только проводник, магнитное поле тока станет сильнее, но батарейка быстро разрядится.

Если в проводнике течет постоянный ток неизменной величины, его магнитное поле также не будет изменяться. Но если ток уменьшится, то слабее станет и его магнитное поле. Увеличится ток — усилится его магнитное поле, исчезнет ток — пропадет его поле. Словом, ток и его магнитное поле неразрывно связаны и зависят друг от друга.

Магнитное поле тока легко усилить, если проводник с током свернуть в катушку. Силовые линии магнитного поля катушки можно сгустить, если внутрь

ее поместить гвоздь или железный болт. Такая катушка с сердечником станет электромагнитом, способным притягивать сравнительно тяжелые железные предметы (рис. 13). Это свойство тока используется во множестве электрических приборов.

А если компас поднести к проводу с переменным током? Стрелка останется неподвижной, даже если провод свернуть в катушку. Значит ли это, что вокруг проводника с переменным током отсутствует магнитное поле? Нет, конечно. Магнитное поле есть, но оно тоже переменное. Магнитная же стрелка компаса не будет отклоняться только вследствие своей «неповоротливости», она не будет поспевать следовать за быстрыми изменениями магнитного поля.

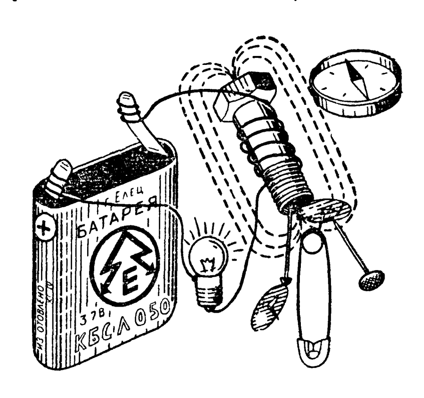
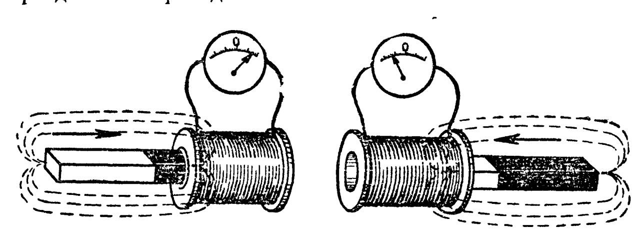


Рис. 13. Проводник с током, свернутый в катушку, становится электромагнитом.

Первый электромагнит, основные черты которого сохранились сейчас в многих электрических приборах, например в электромагнитных реле, телефонных приборах, изобрел английский ученый Стерджен тремя годами позже открытия Эрстеда. А спустя два десятилетия после этого события, в 1840 г., французский физик Андре Ампер сделал новое, исключительно важное по тому времени открытие. Он опытным путем установил, что два параллельно расположенных проводника, по которым течет ток, способны совершать механическую работу: если ток в обоих проводниках течет в одном направлении, они притягиваются друг к другу, а если в противоположных, то отталкиваются друг от друга.

Догадываешься, почему так происходит? В первом случае, когда направление тока в обоих проводниках одинаково, их магнитные поля, также имеющие одинаковое направление, как бы стягиваются в единое поле, увлекая за собой проводники. Во втором случае магнитные поля вокруг проводников, имеющие теперь противоположные направления, отталкиваются друг от друга и тем самым раздвигают проводники.


Рис. 14. Энергия магнитного поля создает движение электронов — электрический ток.

В первой же половине прошлого столетия ценнейший вклад в науку внес английский физик-самоучка Майкл Фарадей. Изучая связь между электрическим током и магнетизмом, он открыл явление электромагнитной индукции. Суть этого явления заключается в следующем. Если внутрь катушки из изолированной проволоки быстро ввести магнит, стрелка прибора, подключенного к концам катушки, на мгновение отклонится от нулевой отметки на шкале прибора (рис. 14). При таком же быстром движении магнита внутри катушки,

но уже в обратном направлении, стрелка прибора так же быстро отклонится в противоположную сторону и вернется в исходное положение.

Вывод мог быть один: магнитное поле пересекает провод и **возбуждает** (**индуцирует**) в нем энергию движения свободных электронов — электрический ток.

Можно поступить иначе: перемещать не магнит, а катушку вдоль неподвижного магнита. Результат будет тот же. Магнит можно заменить катушкой, по которой пропускать ток. Магнитное поле этой катушки при пересечении витков второй катушки также будет индуцировать в ней электрический ток.

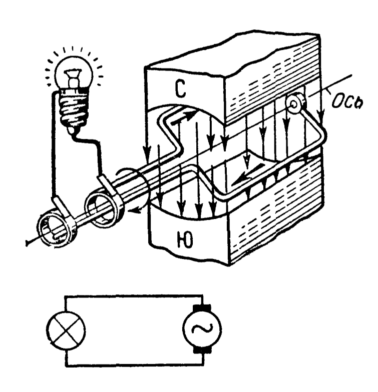


Рис. 15. Схема простейшего генератора переменного тока.

Это явление лежит в основе действия **генератора переменного тока**, представляющего собой катушку из провода, вращающуюся между полюсами сильного магнита или электромагнита (на рис. 15 катушка показана в виде одного витка провода). Вращаясь, катушка пересекает силовые линии магнитного поля, и в ней **индуцируется** (вырабатывается) электрический ток.

А в 1837 г. русский академик Б. С. Якоби открыл явление, обратное по действию предыдущему. Через катушку, помещенную в магнитном поле, ученый пропускал ток, и катушка начинала вращаться. Это был первый в мире **электромагнитный двигатель**.

Фарадей, открывший явление электромагнитной индукции, опытным путем установил еще одно очень важное явление — возможность передавать ток из катушки в катушку на расстояние без какой-либо прямой электрической связи между ними. Дело в том, что переменный или прерывающийся ток, текущий в одной из катушек, чудесным образом преобразуется в переменное магнитное поле, которое возбуждает во второй катушке э. д. с. На этой основе создан замечательный прибор — **трансформатор**, играющий очень важную роль в электротехнике и радиотехнике.

Электромагнитные волны

Труды Фарадея и его соотечественника и последователя Кларка Максвелла привели ученых к выводу, что переменное магнитное поле, рождаемое непрерывно изменяющимся током, создает в окружающем пространстве электрическое поле, которое в свою очередь возбуждает магнитное поле, магнитное поле — электрическое и т. д. Взаимосвязанные, создаваемые друг другом магнитные и электрические поля образуют единое переменное **электромагнитное поле**, которое непрерывно, как бы отделяясь и удаляясь от места возникновения его, распространяется во всем окружающем пространстве со скоростью света, равной 300 000 *км/сек*.

Возбуждение переменным током электромагнитных полей называют теперь **излучением электромагнитных колебаний** или **электромагнитных волн**. Встречая на своем пути проводники, электромагнитные волны индуцируют в них переменный ток, такой же, как возбудивший их ток, только несравненно слабее.

Совпадение скоростей распространения электромагнитных волн, создаваемых переменным током, и света не случайно, потому что световые лучи, как, между прочим, и тепловые, по своей природе то же электромагнитные колебания.

Мысль о родстве световых и электрических явлений высказал русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов еще в середине XVIII в. Теорию электромагнитных волн создал Кларк Максвелл в первой половине прошлого столетия. Однако только в 1888 г. немецкому ученому Генриху Герцу удалось опытным путем доказать факт существования электромагнитных волн и возможность обнаруживать их.

В опытной установке Герца (рис. 16) излучателем электромагнитных волн был **вибратор** — стержни с металлическими шарами на концах, а обнаружителем электромагнитной энергии — **резонатор**, представляющий собой незамкнутый виток провода, тоже с шарами на концах. Половинки выбратора заряжались до такого напряжения (разности зарядов), что между внутренними шарами через воздух проскакивала электрическая искра — искусственная молния в миниатюре. Происходил **электрический разряд**. В этот момент, длившийся малые доли секунды, вибратор излучал короткую серию быстропеременных **затухающих** (ослабевающих) электромагнитных волн (рис. 17). Пересекая провод резонатора, расположенного поблизости, электромагнитная энергия возбуждала в нем электрические колебания, о чем свидетельствовала очень слабая искра, появлявшаяся между шарами резонатора. Еще разряд — и новая очередь затухающих электромагнитных колебаний возбуждала в резонаторе слабый переменный ток.

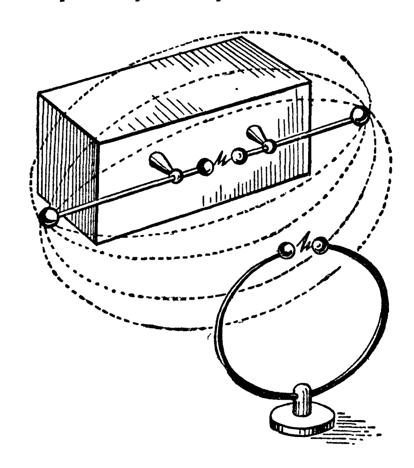


Рис. 16. Опытная установка Г. Герца для возбуждения и обнаружения электромагнитных волн.

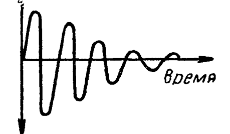


Рис. 17. График затухающих электромагнитных волн.

Так Генрих Герц нашел способ возбуждения электромагнитных волн и обнаружения их. Но он не представлял себе путей практического использования своего открытия.

Рождение радио

Первым человеком, оценившим труды Герца, был преподаватель минного офицерского класса в Кронштадте **Александр Степанович Попов**. Читая лекции об электромагнитных явлениях и сопровождая их демонстрацией приборов собственноручного изготовления, Попов высказал смелую мысль о возможности использования электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние без проводов.

В то время русский военный флот оснащался новой техникой. Для преодоления морских просторов обновленному флоту нужны были более совершенные средства связи. И русский ученый искал новый вид связи, необходимый родному флоту.

После множества опытов и экспериментов А. С. Попов сконструировал принципиально новый прибор, реагировавший на электромагнитные волны на



Александр Степанович Попов.

значительном расстоянии. Источником электромагнитных волн был вибратор, такой же как в опытной установке Герца, но дополненный кусками проволоки для лучшего излучения. Прием осуществлялся при помощи куска проволоки, соединенного с прибором, сконструированным Поповым. Как только вибратор начинал излучать электромагнитную энергию, приемный прибор отзывался на это трелью звонка. Этот прибор А. С. Попов демонстрировал 7 мая 1895 г. на заседании физического отделения Русского физико-химического общества. Это был **первый в мире радиоприемник**, а присоединенный к нему кусок провода — **первой в мире антенной**.

Продолжая опыты, А. С. Попов обнаружил, что на сконструированный им прибор сильно действуют атмосферные электрические разряды — молнии. Это навело ученого на мысль об использовании приемника для сигнализации о приближающихся грозах, что и было проверено в одной из петербургских обсерваторий.

Эскизный чертеж этого исторического приемника ты видишь на рис. 18. Всмотрись в него внимательно, попробуй разобраться в нем и понять, как он действует.

Не считая батареи, в приемнике три прибора: **когерер**, **электрический звонок** и **электромагнитное реле** — электромагнит, притягивающий якорь, когда через обмотку течет ток. Когерер представляет собой стеклянную трубку с мелкими металлическими опилками внутри. С помощью тонких металлических полосок он подвешен между опорами *1* и *2*. Через обмотку реле одна контактная пластинка когерера соединена с положительным, а вторая — с отрицательным полюсами батареи. Это первая электрическая цепь приемника. Если же якорь реле прижать к сердечнику, чтобы конец его коснулся винта *3*, то образуется вторая цепь — электрического звонка.

Когерер в разных условиях обладает неодинаковой проводимостью тока. Находящиеся в нем металлические опилки в обычных условиях оказывают току большое сопротивление, т. е. плохо пропускают его. В это время ток в первой цепи, в которую включена обмотка реле, настолько мал, что якорь реле не притягивается к сердечнику. Но как только на когерер начнут влиять электромагнитные волны, под действием их сопротивление слоя опилок уменьшится, а ток во всей первой цепи резко возрастет. В этот момент якорь реле притягивается к сердечнику и, коснувшись винта *3*, замыкает цепь электрического звонка. Сразу же притягивается якорь электромагнита этой цепи, и молоточек ударяет по чашечке звонка. Но якорь электромагнита звонка отходит от контактной пружинки и разрывает вторую цепь. Теперь молоточек звонка, отпущенный электромагнитом, ударяет по когереру и встряхивает опилки, восстанавливая большое сопротивление их. Если электромагнитные волны продолжают воздействовать на когерер, молоточек автоматически ударяет то по чашечке звонка, то по когереру.

Когда А. С. Попов присоединял к когереру антенну, чувствительность приемника заметно повышалась. В этом случае приемник реагировал на разряды молнии, происходящие на расстоянии до 30 *км* от него. Поскольку приемник реагировал не только на искусственно создаваемые волны, но и на те, которые возникают в атмосфере перед грозой, А. С. Попов назвал свое детище «грозоотметчиком».

24 марта 1896 г., спустя менее года после исторического заседания Русского физико-химического общества, произошло новое крупное событие. В этот день изобретатель радио демонстрировал ученым передачу и прием радиосигналов с записью на ленту. У радиопередатчика находился ближайший помощник Попова П. Н. Рыбкин. Радиоприемник был установлен в аудитории, где с докладом выступал А. С. Попов. Когда докладчик умолк, послышался стук телеграфного аппарата, соединенного с приемником: Александр Степанович принимал передаваемую П. Н. Рыбкиным радиограмму. Это была первая в мире радиограмма.

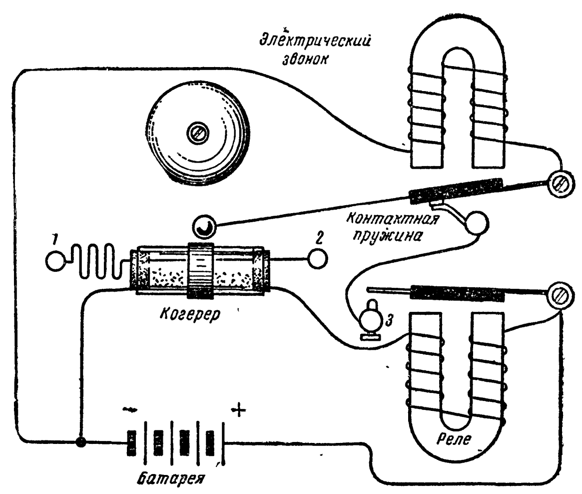


Рис. 18. Эскизный чертеж приемника А. С. Попова.

Продолжая опыты и совершенствуя приборы, А. С. Попов постепенно наращивал дальность действия радиосвязи. Весной 1897 г. была осуществлена передача радиосигналов с корабля на берег на расстояние 640 *м*. А двумя годами позже, в 1899 г., после открытия возможности приема радиосигналов с помощью телефонных трубок на слух дальность радиосвязи достигла уже 35 *км*. Это был новый блистательный успех изобретателя радио, послуживший толчком к дальнейшему развитию радиотелеграфа в России.

Идея воплощается в жизнь

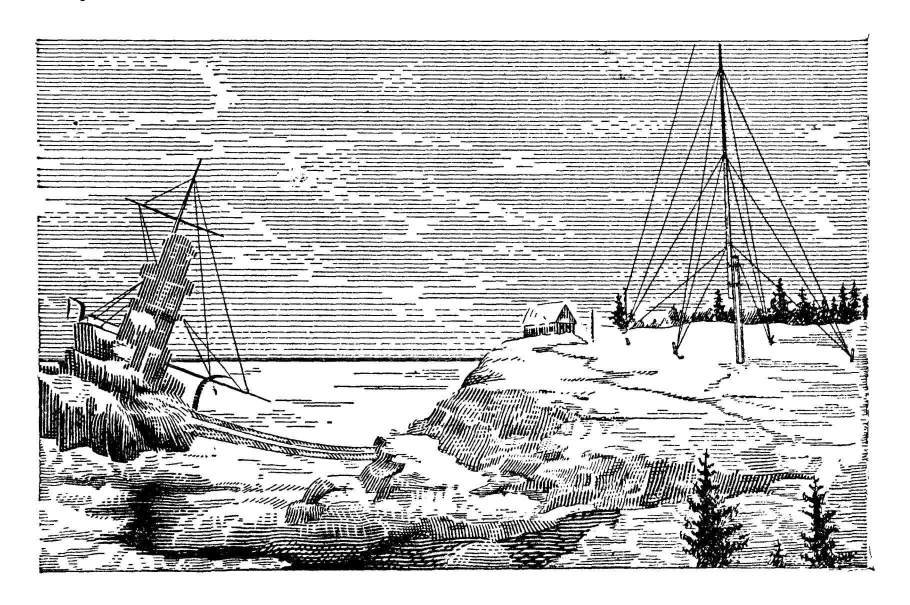
Случай помог А. С. Попову доказать жизненную потребность нового средства связи. А дело было так. В ноябре 1899 г. броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» во время снежного шторма сел на камни у пустынных берегов о. Гогланд в Финском заливе. От острова до ближайшего на материке города Котки (Финляндия) около 44 *км*. Спасательные работы задерживались из-за трудности прокладки проводной линии связи между островом и материком. На помощь пришло радио. А. С. Попов со своим помощником П. Н. Рыбкиным для обеспечения надежной двусторонней связи установили на острове и материке приемно-передающие радиостанции. Линия радиосвязи действовала с февраля по апрель 1900 г., пока велись спасательные работы. За это время было передано и принято 440 радиограмм. Одна из них оказала неоценимую услугу людям.

Это было 6 февраля 1900 г. В 14 *ч* 15 *мин* П. Н. Рыбкин, находившийся на о. Гогланд, принял от А. С. Попова короткую радиограмму из г. Котки, которая

гласила: «Командиру «Ермака». Около Лавенсаари оторвало льдину с рыбаками. Окажите помощь». Ледокол «Ермак» немедленно вышел на поиски в море и снял с льдины 27 рыбаков. Люди были спасены благодаря радио.

Так действовала первая в мире линия радиосвязи, так радио завоевало право на жизнь.

А. С. Попов сделал еще одно очень важное открытие. Летом 1897 г. во время опытов по передаче радиосигналов с транспорта «Европа» на крейсер «Африка» им было замечено, что когда между этими кораблями проходил какой-либо третий корабль, слышимость сигналов уменьшалась или даже вовсе прекращалась. В связи с этим ученый высказал мысль о возможности обнаруживать при помощи радиоприемника корабли, находящиеся на пути радиоволн. Таким образом, он указал путь к радиолокации — современному средству обнаружения и определения местоположения предметов на земле, на воде, в воздухе и космосе.



Радиостанция А. С. Попова на о. Гогланд.

Коротка была жизнь А. С. Попова, но велик был его творческий путь. Он первым правильно оценил огромное практическое значение электромагнитных волн и сумел поставить их на службу человеку. Этим было положено начало новой эпохи в развитии мировой науки и техники — эпохи радиотехники и электроники.

Но по-настоящему заслуги великого русского ученого оценены были в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции. Постановлением Советского правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым» наш народ с 1945 г. отмечает 7 мая как День радио. Этим же постановлением учреждены золотая медаль имени А. С. Попова, присуждаемая советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио, нагрудный значок «Почетный радист», которым награждаются лица, способствующие своим трудом развитию радиотехники, радиолюбительства, организации радиовещания. В Ленинграде создан музей А. С. Попова. Имя А. С. Попова носят Всесоюзное научно-техническое общество радиотехники и электросвязи, Куйбышевская радиовещательная станция,

Научно-исследовательский институт радиовещательного приема и акустики, ряд предприятий радиотехнической промышленности. Проводятся соревнования на кубок имени А. С. Попова.

Весь советский народ свято чтит память русского ученого Александра Степановича Попова.

Газета «без бумаги и без расстояний»

В день победы Октябрьской революции, 7 ноября 1917 г., радиостанция крейсера «Аврора» передала обращение «К гражданам России!», написанное Владимиром Ильичем Лениным и адресованное миллионам трудящихся. В исторические дни великого Октября радиостанции молодой страны Советов передавали подписанные вождем революции радиограммы «Всем, всем, всем!», в которых давались указания органам власти на местах, опровергались клевета и ложь буржуазии о Советской республике. Радиограммы, принятые из центра революции — Петрограда, печатались и широко распространялись во многих городах страны.

Владимир Ильич, следивший внимательно за развитием радиотехники, видел в ней огромную организующую силу. 29 июля 1918 г. им был подписан декрет Совета Народных Комиссаров о централизации радиотехнического дела в стране. В том же году по указанию Ленина в Нижнем Новгороде (ныне г. Горький) была создана радиолаборатория. Это по существу был первый советский радиотехнический университет, сыгравший большую роль в развитии радиофикации и радиовещания в нашей стране. Позже Нижегородской радиолаборатории было присвоено имя В. И. Ленина, она дважды награждена орденом Трудового Красного Знамени.

Нижегородской радиолабораторией руководил крупнейший русский изобретатель в области радио, создатель первых мощных радиовещательных станций Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Под его руководством здесь было налажено производство радиоламп, а осенью 1920 г. закончена постройка первой радиотелефонной станции, передававшей по радио живую человеческую речь на большие расстояния.

Когда Владимир Ильич Ленин узнал об этих работах, он написал в теплом дружеском письме профессору М. А. Бонч-Бруевичу: «Газета без бумаги и без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом».

В марте 1920 г. за подписью Ленина было принято постановление Совета Труда и Обороны о постройке в Москве Центральной радиотелефонной станции с радиусом действия 2 000 верст. Несколько позднее В. И. Ленин в записке, адресованной в Совнарком, писал: «...Вся Россия будет слушать газету, читаемую в Москве».

21 августа 1922 г. в Москве начала работать самая мощная в мире по тому времени радиотелефонная радиостанция. А в июне 1924 г. Совет Народных Комиссаров Союза ССР издал постановление, разрешавшее установку радиоприемников всем гражданам и организациям. Начался выпуск радиоприемников, литературы по радиотехнике, радиодеталей.

Так зародилось и начало развиваться советское радиовещание, а вместе с ним и радиолюбительство. Сейчас радиовещание стало тем митингом с миллионной аудиторией, о которой мечтал великий Ильич.

* * *

Сейчас наша страна густо покрыта сетью радиовещательных станций. Радиоприемник или радиоточка стали предметами первой необходимости нашего быта. Радио является незаменимым, а в ряде случаев единственным средством связи. Средствами радиосвязи оснащены все виды воздушных, морских и речных кораблей, научные экспедиции. Днем и ночью, в будни и праздники, в любую погоду

поддерживается радиосвязь между городами нашей огромной страны. Тысячи радиостанций обеспечивают оперативное руководство полевыми работами в колхозах и совхозах.

Радиовещание и связь — большие, но не единственные области современной радиотехники. Радиотехника сегодня — это телевидение и радиолокация, радионавигация, радиоастрономия и телемеханика, звукозапись и многие другие отрасли и разделы науки и техники.

Радиотехнические приборы применяются для лечения тяжелых заболеваний и наблюдения за деятельностью органов человека, для борьбы с вредными бактериями и стерилизации пищевых продуктов, для плавки и обработки высококачественных сортов стали, в машино- и станкостроении, геологии и метеорологии.

Радиотехника и ее спутница электроника дали возможность автоматизировать многие производственные процессы, управлять механизмами на расстоянии, делать точнейшие измерения, проникнуть внутрь атома, вести сложнейшие математические расчеты с быстротой мысли.

Ты, юный друг, современник штурма Космоса. Радиотехническая и электронная аппаратура, установленная на искусственных спутниках Земли, автоматических межпланетных станциях, космических кораблях «Восток», «Восход», «Луна», «Космос», «Союз», позволила изучать верхние слои атмосферы, космические излучения, земной магнетизм, увидеть невидимую с Земли сторону Луны, лунный пейзаж, управлять луноходом, следить за состоянием здоровья отважных космонавтов, видеть их работу в космосе и многое другое.

Таков далеко не полный перечень примеров применения современной радиотехники, основоположником которой был наш соотечественник Александр Степанович Попов. С некоторыми из них я и намерен познакомить тебя в следующих беседах.

Начнем с наиболее широкой области радиотехники — радиовещания.

○

БЕСЕДА ВТОРАЯ

Первое знакомство с радиопередачей и радиоприемом

Слово «радио» происходит от латинского слова radiare — излучать, что значит испускать лучи. Оно имеет общий корень с латинским словом radius — луч.

Если ты из точки проведешь расходящиеся во все стороны прямые линии — лучи, то получится рисунок Солнца примерно в том виде, как его обычно изображают малыши. В действительности так оно и есть: Солнце испускает во все стороны лучи-радиусы. Радиовещательная станция подобно Солнцу излучает во все стороны по радиусам радиоволны. Лишь некоторые радиостанции специального назначения излучают радиоволны только в одном направлении. Если бы ты пришел на территорию радиовещательной станции, то прежде всего увидел бы вертикальную ажурную металлическую мачту или провода, поднятые высоко над землей. Это — *антенна*. Рядом — здание, где находится *передатчик* радиостанции. Передатчик представляет собой сложное устройство, посылающее в антенну *электрические колебания высокой частоты*.

К передатчику от радиостудии, которая может находиться далеко от передатчика, идет подземный кабель — хорошо изолированные провода в прочной оболочке. В студии установлен *микрофон*. Не только разговор и звуки музыки, но и шепот, шорохи микрофон мгновенно превращает в *электрические колебания низкой частоты*, поступающие по кабелю к передатчику. Скольким еще преобразованиям подвергается этот переменный ток, прежде чем приемник превратит его снова в звуки!

Чтобы ты яснее представлял себе, как происходят радиопередача и радиоприем, надо прежде всего поговорить о звуке и несколько больше, чем в первой беседе, о переменном токе.

О колебаниях и волнах

Вокруг нас все время рождаются и затухают колебательные явления. Колеблется ветка, с которой слетела птица. Колеблются маятники часов, качели. От толчков на неровностях пути колеблются вагоны поездов, автомобили, трамваи, троллейбусы. Под действием ветра колеблются деревья, провода, подвешенные на столбах, колеблется вода в озерах и морях.

Как возникают волны на воде? Вот ты бросил на гладкую поверхность озера камень и от него побежали волны (рис. 19). Что произошло? Частицы воды в месте удара камня вдавились, вытеснив вверх соседние частицы — на поверхности воды образовался кольцеобразный горб. Затем в месте падения камня частицы воды поднялись горбом вверх, но уже выше ее прежнего уровня — за первым горбом появился второй, а между ними — впадина. Далее частицы воды продолжают перемещаться попеременно вверх и вниз — *колеблются*, увлекая за собой все больше и больше соседних частиц воды. Образуются волны, расходящиеся от места своего возникновения концентрическими кругами.

Заметь: частицы воды только колеблются, но не движутся вместе с волнами. В этом нетрудно убедиться, бросив на колеблющуюся поверхность воды щепку. Если нет ветра или течения воды, щепка будет лишь опускаться и подниматься на волнах, не перемещаясь вместе с волнами.

Волны на воде могут быть большими — сильными или маленькими — слабыми. Сильными мы называем такие волны, которые имеют большой размах колебаний, как говорят, большие амплитуды колебаний. Слабые волны имеют малые горбы — небольшую амплитуду. Чем больше амплитуды возникших волн, тем большую энергию они несут в себе.

Энергия волн, возникших от брошенного камня, относительно невелика, однако она может заставить колебаться камыш и траву, растущие в озере. Но мы знаем, какие большие разрушения берега могут производить морские волны, обладающие большими амплитудами и, следовательно, большой энергией. Эти разрушения осуществляются именно той энергией, которую волны непрерывно отдают берегу.

Водяные волны могут быть частыми и редкими. Чем меньше расстояние между гребнями бегущих волн, тем короче каждая взятая в отдельности волна. Чем больше расстояние между волнами, тем длиннее каждая волна. Длиной волны на воде мы называем расстояние между двумя соседними бегущими гребнями или впадинами. По мере удаления волн от места возникновения их амплитуды постепенно уменьшаются, затухают, но длина волн остается неизменной.

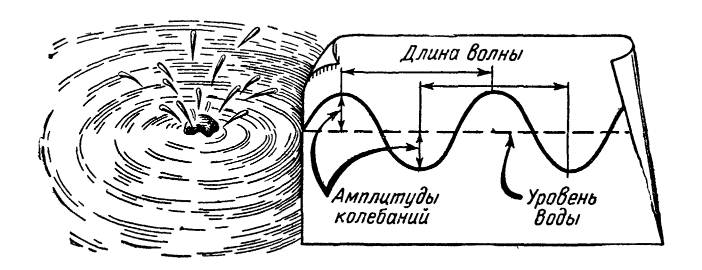


Рис. 19. При ударе камня о поверхность воды на ней возникают волны.

А если волны создавать не камнем, а, например, палкой, погрузив ее в воду и ритмично, в такт с колебаниями воды, то опускать, то поднимать? И в этом случае волны будут затухающими. Но они будут существовать до тех пор, пока мы не прекратим возмущать поверхность воды.

А как возникают колебания маятника часов-ходиков, качелей? Это ты хорошо знаешь: надо лишь подтолкнуть их, вот они и будут колебаться из стороны в сторону. Чем сильнее толчок, тем больше амплитуды колебаний. Такие колебания тоже будут затухающими, если не поддерживать их дополнительными толчками. Эти и многие другие механические колебания окружающих нас тел мы видим.

Еще больше в природе невидимых колебаний. Многие из них мы слышим, ощущаем в виде звука. Не всегда, например, можно заметить колебания струны музыкального инструмента, но мы слышим, как она звучит. При порывах ветра в трубе возникает звук. Его создают колебательные движения воздуха в трубе, которые мы не видим. Звучат камертон, стакан, ложка, тарелка, ученическое перо, лист бумаги — они тоже колеблются.

Мы живем в мире звуков, потому что многие окружающие нас тела, колеблясь, звучат. Сами же звуки — это результат распространения в воздухе колебательных движений его частиц. Их мы не видим. Это звуковые волны.

Как возникают звуковые волны в воздухе?

Воздух состоит из невидимых глазом частиц. При ветре они могут переноситься на большие расстояния. Но они могут и колебаться. Например, если в воздухе сделать резкое движение палкой, то мы почувствуем легкий порыв

ветра и одновременно услышим слабый звук. Звук этот — результат колебаний частиц воздуха, возбужденных колебаниями палки.

Проведи такой опыт. Оттяни струну, например, гитары, а потом отпусти ее. Струна начнет дрожать — колебаться около своего первоначального положения покоя. Достаточно сильные колебания струны заметны на глаз. Слабые колебания струны можно только «почувствовать» как легкое щекотание, если прикоснуться к ней пальцем. Пока струна колеблется, мы слышим звук. Как только струна успокоится, звук затихнет.

Посмотри на рис. 20. На нем показаны различные положения звучащей струны и изображены в виде точек окружающие ее частицы воздуха. Пока мы не отпускали струну (рис. 20, *а*), частицы воздуха были равномерно распределены в пространстве. Но вот струна отпущена (рис. 20, *б*). Перемещаясь вправо, она теснит, как бы прессует перед собой близлежащие частицы, создавая в некотором объеме воздуха повышенное давление — сгущение воздуха. При этом позади струны образуется область пониженного давления — разрежение воздуха.

В следующий момент, когда струна движется в обратном направлении (рис. 20, *в*), область «сгущения» частиц воздуха образуется слева от нее, а область «разрежения» — справа. Когда струна вновь перемещается вправо (рис. 20, *г*), она создает новые области «сгущения» и «разрежения» воздуха. Таким образом, при колебании струны в воздухе возникают удаляющиеся от нее области повышенного и пониженного давления. Это и есть звуковые волны.

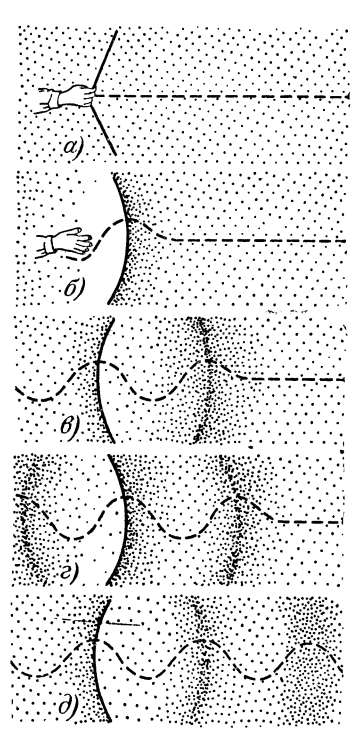


Рис. 20. Когда колеблется струна, в воздухе возникают звуковые волны.

Звуковые волны, так же как и водяные, изображают условно волнистой линией — с и н у с о и д о й. Такая кривая показана на наших рисунках пунктиром. Ее «горбы» соответствуют областям повышенного давления воздуха, а «впадины» — областям пониженного давления воздуха. Область повышенного давления и следующая за нею область пониженного давления образуют звуковую волну.

Звуковые волны распространяются в воздухе со скоростью около 340 *м* в секунду и несут в себе некоторый запас энергии. В тот момент, когда до уха доходит область повышенного давления звуковой волны, она надавливает на барабанную перепонку, несколько прогибая ее внутрь. Когда же до уха доходит разреженная область звуковой волны, барабанная перепонка выгибается несколько наружу. Барабанная перепонка все время колеблется в такт с чередующимися областями повышенного и пониженного давления воздуха. Эти колебания передаются по слуховому нерву в мозг, и мы воспринимаем их как звук. Чем больше амплитуды звуковых волн, тем больше энергии несут они в себе, тем громче воспринимаемый нами звук.

Но мы, кроме того, живем в мире электромагнитных колебаний, излучаемых всеми проводами и электрическими приборами, в которых течет переменный ток, огромным количеством антенн радиостанций, электрическими разрядами, недрами Земли и бесконечным Космосом. Только с помощью приборов, созданных человеком, они могут быть обнаружены и зафиксированы.

Период и частота колебаний

Одной из важнейших характеристик механических, электрических, электромагнитных и всех других видов колебаний является период — время, в течение которого совершается одно полное колебание. Если, например, маятник часов-ходиков делает за секунду два полных колебания, период каждого колебания равен 0,5 *сек*. Период колебаний больших качелей — около 2 *сек*, а период колебаний струны может быть от десятых до десятитысячных долей секунды.

Еще пример. В наших электроосветительных сетях течет 50-периодный переменный ток. Период такого тока равен $^1/_{50}$ *сек*, а полупериод — $^1/_{100}$ *сек*.

Другой величиной, характеризующей колебания, является частота (от слова «часто») — число, показывающее, сколько полных колебаний в секунду совершают маятник часов, звучащие тела, ток в проводнике и т п.

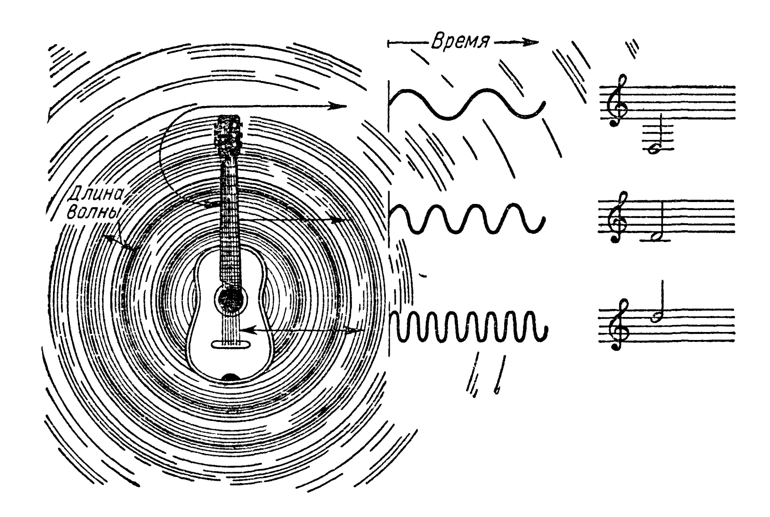


Рис. 21. Чем больше частота колебаний струны, тем короче звуковые волны и выше тон звука.

Для оценки частоты колебаний принята единица, носящая название герц (сокращенно пишут: *гц*): 1 *гц* — это одно колебание в секунду. Если, например, звучащая струна совершает 440 полных колебаний в секунду (при этом она создает тон «ля» третьей октавы), говорят, что частота ее колебаний 440 *гц*. Частота переменного тока электроосветительной сети 50 *гц*. При таком токе электроны в проводниках в течение секунды текут попеременно 50 раз в одном направлении и столько же раз в обратном, т. е. совершают за секунду 50 полных колебаний.

Более крупные единицы частоты — килогерц (пишут: *кгц*), равный 1 000 *гц*, и мегагерц (пишут: *Мгц*), равный 1 000 *кгц*, или 1 000 000 *гц*. Иногда используют еще более крупную единицу частоты — гигагерц (пишут: *Ггц*), равную миллиарду герц, или 1 000 *Мгц*.

Частота колебаний звучащего тела определяет тон, или высоту звука. Чем больше эта частота, тем выше тон звука, и, наоборот, чем меньше частота, тем ниже тон звука. Наше ухо способно реагировать на сравнительно небольшую полосу (участок) частот звуковых колебаний, примерно от 20 *гц* до 20 *кгц*. Она, однако, вмещает всю обширнейшую гамму звуков, создаваемых голосом чело-

века и симфоническим оркестром: от очень низких тонов, похожих на звук жужжания жука, до еле уловимого высокого писка комара.

Более медленные колебания (до 20 *гц*), называемые инфразвуковыми, и более частые (свыше 20 *кгц*), называемые ультразвуковыми, мы не слышим. Если бы наше ухо оказалось способным реагировать на ультразвуковые колебания, мы могли бы слышать колебания пестиков цветов, крылышек бабочек.

Не путай высоту, т. е. тон звука, с силой его. Высота звука зависит не от амплитуды, а от частоты колебаний. Толстая и длинная струна, например, колеблется медленнее и создает более низкий тон звука, чем тонкая и короткая струна, создающая высокий тон звука (рис. 21).

В электротехнике и радиотехнике используют переменные токи с частотой от нескольких герц до десятков гигагерц. Антенны радиовещательных станций, например, питаются токами с частотой примерно от 150 *кгц* до 50—60 *Мгц*. Эти быстропеременные токи и являются тем средством, с помощью которого осуществляется передача звуков на большие расстояния без проводов.

Весь огромный диапазон переменных токов принято подразделять на несколько участков-поддиапазонов. Токи сравнительно небольших частот, в пределах 20 *гц* — 20 *кгц*, называют токами звуковой или низкой частоты, так как они соответствуют частотам звуковых колебаний, а переменные токи с частотой 20 *кгц* и больше — токами ультразвуковой частоты. В то же время токи с частотой от 100 *кгц* до 30 *Мгц* принято называть токами высокой частоты, а с частотой выше 30 *Мгц* — токами сверхвысокой или ультравысокой частоты.

Запомни хорошенько границы и названия этих поддиапазонов переменных токов.

Радиоволны

Ты снимаешь трубку телефонного аппарата, набираешь или называешь нужный номер. Вскоре ты слышишь голос товарища, а он — твой.

Какие электрические явления происходят во время вашего телефонного разговора? Звуковые колебания воздуха, созданные тобой, преобразуются микрофоном в электрические колебания низкой (звуковой) частоты, которые по проводам передаются к аппарату твоего собеседника. Там, на другом конце линии, они с помощью телефона преобразуются в колебания воздуха, воспринимаемые твоим приятелем как звуки.

В радиовещании, как и в телефонии, микрофон и телефон (или громкоговоритель) являются конечными звеньями цепи радиопередачи и радиоприема. Но средством, связывающим их, служат не провода, а радиоволны.

«Сердцем» передатчика любой радиостанции является генератор высокой частоты. Он вырабатывает (генерирует) ток высокой, но строго постоянной для данной радиостанции частоты. Этот ток, усиленный до необходимой мощности, поступает в антенну и возбуждает в окружающем ее пространстве электромагнитные колебания той же частоты.

Электромагнитные колебания, излучаемые антенной радиостанции, называют также радиоволнами.

Скорость удаления радиоволн от антенны радиостанции равна скорости света: 300 000 *км/сек*. Радиоволны распространяются в пространстве почти в миллион раз быстрее, чем звук в воздухе. Это значит, что если на Московской радиовещательной станции в некоторый момент времени включили передатчик, то ее радиоволны меньше чем за $^{1}/_{30}$ *сек* дойдут до Владивостока, а звук за это время успеет распространиться всего лишь на 10—11 *м*.

Радиоволны распространяются не только в воздухе, но и там, где его нет, например в космическом пространстве. Этим они коренным образом отличаются от звуковых волн, для которых совершенно необходим воздух или какая-либо другая плотная среда, например вода.

Однако для радиоволн, как и для световых электромагнитных волн, существуют тела «прозрачные», через которые они проникают совершенно свободно, и «непрозрачные», задерживающие их. Очень многие «непрозрачные» для света тела беспрепятственно пропускают через себя радиоволны. Например, радиоволны проходят через деревянные и кирпичные стены домов так же свободно, как свет сквозь стекло. Но верхние слои атмосферы, совершенно прозрачные для света, могут быть непреодолимым препятствием для радиоволн.

Когда радиовещательная станция начинает передачи, диктор иногда сообщает, что данная радиостанция работает на волне такой-то длины. Волну, бегущую по поверхности воды, мы видим и при известной ловкости можем измерить ее длину. Длину же радиоволн можно измерить только с помощью специальных приборов или рассчитать математическим способом, если мы знаем частоту тока, возбуждающего эти волны.

Длина радиоволны — это расстояние, на которое распространяется энергия электромагнитного поля за период колебания тока в антенне радиостанции.

Как это понимать? За время одного периода тока в пространстве возникает одна радиоволна. Чем выше частота тока в антенне, тем больше следующих друг за другом радиоволн излучается ею в течение каждой секунды. Допустим, что частота тока в антенне радиостанции составляет 1 *Мгц*. Тогда период этого тока и рожденного им электромагнитного поля будет равен одной миллионной доле секунды. За 1 *сек* радиоволна проходит расстояние 300 000 *км*, или 300 000 000 *м*. Значит, за одну миллионную долю секунды она пройдет расстояние в миллион раз меньше, т. е. 300 000 000 : 1 000 000. Следовательно, длина волны данной радиостанции равна 300 *м*. Таким образом, длина волны радиостанции зависит от частоты тока в ее антенне: чем больше частота тока, тем короче волна и, наоборот, чем меньше частота тока, тем длиннее волна. Чтобы узнать длину волны радиостанции, надо скорость распространения радиоволн, выраженную в метрах, разделить на частоту тока в ее антенне. А чтобы узнать частоту тока в антенне радиостанции, надо скорость распространения радиоволн разделить на длину волны радиостанции.

Для перевода частоты колебаний в мегагерцах в длину волны в метрах и обратно удобно пользоваться такими формулами:

$$\lambda\ (м) = 300/f\ (Мгц);\quad f\ (Мгц) = 300/\lambda\ (м),$$

где λ — длина волны, f — частота колебаний, 300 — скорость распространения радиоволн, выраженная в тысячах километров в секунду.

Не путай понятие о длине волны, на которой работает радиостанция, с дальностью ее действия, т. е. с расстоянием, на котором ее передачи могут быть приняты. Дальность действия радиостанции, правда, зависит от длины волны, но не отождествляется с нею. Так, передача на волне длиной в несколько десятков метров может быть услышана на расстоянии в несколько тысяч километров, но не всегда слышна на более близких расстояниях. В то же время передача радиостанции, работающей на волне длиной в сотни и тысячи метров, часто не слышна на таких больших расстояниях, на которых слышны передачи коротковолновых станций.

Итак, каждая радиовещательная станция работает на строго постоянной для нее частоте. Поэтому и длины волн различных радиостанций неодинаковы, но строго постоянны для каждой из них. Это и дает возможность принимать передачи каждой радиостанции в отдельности, а не все одновременно.

Коротко о диапазонах радиоволн. Весьма широкий участок радиоволн, отведенный для радиовещательных станций, условно подразделен на несколько диапазонов: длинноволновый (сокращенно ДВ), средневолновый (СВ), коротковолновый (КВ), ультракоротковолновый (УКВ). В нашей стране длинноволновый диапазон охватывает волны длиной от 735,3 до 2 000 *м*, что соответствует частотам 408—150 *кгц*; средневолновый — радиоволны длиной от 186,9 до 571,4 *м*, что

соответствует частотам 1 605—525 *кгц*; коротковолновый — радиоволны длиной от 24,8 до 75,5 *м*, что соответствует частотам 12,1—3,95 *Мгц*; ультракоротковолновый — радиоволны длиной от 4,11 до 4,56 *м*, что соответствует частотам 73—65,8 *Мгц*.

Радиоволны УКВ диапазона называют также метровыми волнами; вообще же ультракороткими волнами называют все волны короче 10 *м*. В этом диапазоне ведутся телевизионные передачи, работают связные радиостанции, оборудованные на автомашинах пожарной охраны, такси, медицинского обслуживания населения на дому, безопасности уличного движения.

Коротковолновые радиовещательные станции неравномерно распределены по КВ диапазону: больше всего их работает на волнах длиной около 25, 31, 41 и 50 *м*. Соответственно этому коротковолновый радиовещательный диапазон подразделяется на 25, 31, 41 и 50-метровый поддиапазоны.

Волна длиной 600 *м* отведена для передачи сигналов бедствия кораблями в море. На этой волне работают все морские аварийные радиопередатчики, на эту волну настроены приемники всех спасательных станций и маяков.

Модуляция

Пока студийный микрофон не включен, в антенне радиовещательной станции течет ток строго постоянной частоты и амплитуды (см. левые части графиков на рис. 22). Антенна при этом излучает радиоволны неизменной мощности. Но вот в студии включили микрофон, и люди, находящиеся за десятки, сотни и тысячи километров от радиостанции, услышали знакомый голос диктора.

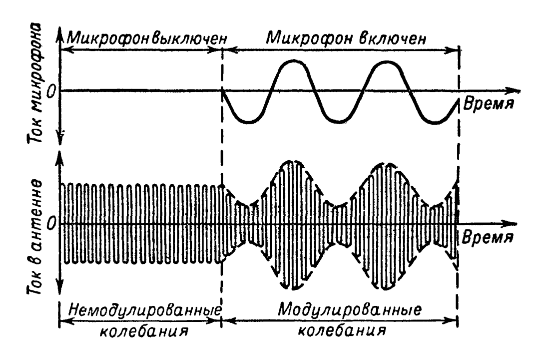


Рис. 22. При действии звука на микрофон ток высокой частоты в антенне передатчика изменяется по амплитуде.

Что же в это время происходит в передатчике? Ток звуковой частоты, созданный микрофоном и усиленный студийным усилителем, попадает в одно из устройств передатчика, называемое **модулятором**, и как бы управляет током высокой частоты, изменяет амплитуды его колебаний. В зависимости от этого изменяется и электромагнитная энергия, излучаемая антенной передатчика: чем значительнее амплитуды тока звуковой частоты, тем в больших пределах изменяются амплитуды тока высокой частоты и излучаемая антенной мощность электромагнитных волн (см. правые части графиков на рис. 22). Чем больше частота тока низкой частоты, поступающего из радиостудии, тем с большей частотой изменяются амплитуды тока в антенне.

Процесс изменения амплитуд высокочастотных колебаний под действием тока звуковой частоты называют **амплитудной модуляцией**. Изме-

няемые же по амплитуде токи высокой частоты в антенне и излучаемые его радиоволны носят название модулированных колебаний.

Кроме амплитудной модуляции, существует еще так называемая частотная модуляция. При таком виде модуляции изменяется частота, а амплитуда колебаний высокой частоты в антенне радиостанции остается неизменной. Частотную модуляцию применяют, например, для передачи звукового сопровождения в телевидении, в радиовещании на УКВ. В радиовещании на длинных, средних и коротких волнах используют только амплитудную модуляцию.

Радиоприем

Радиоволны не могут быть обнаружены ни одним органом наших чувств, как могут быть обнаружены электромагнитные волны светового или теплового излучения. Но если на пути радиоволн встречается проводник, они отдают ему часть своей энергии. На этом явлении и основан прием радиопередач.

«Улавливание» энергии радиоволн осуществляется с помощью приемной антенны, которой может быть любой проводник электрического тока, подвешенный над землей. Задача приемной антенны — «захватить» из пространства возможно больше этой энергии.

Отдавая антенне часть электромагнитной энергии, радиоволны индуцируют в ней слабый переменный ток такой же частоты, как у тока, создавшего эти радиоволны. Он имеет точно такой же «звуковой узор», какой имеет ток в антенне радиовещательной станции. Короче говоря, в антенне приемника индуцируются модулированные колебания высокой частоты. Эти колебания из антенны поступают в радиоприемник.

В приемнике происходят процессы, обратные тем, которые происходят в студии и на передатчике радиостанции. Если там звук последовательно преобразуют сначала в электрические колебания низкой частоты, а затем в модулированные колебания высокой частоты, то при радиоприеме решается обратная задача: модулированные колебания, уловленные антенной, приемник преобразует в электрические колебания низкой частоты, а затем в звук. В простейшем приемнике модулированные колебания высокой частоты преобразуются в колебания низкой частоты детектором, а низкочастотные колебания в звук — головными телефонами.

Но ведь антенну приемника пронизывают радиоволны множества радиостанций, возбуждая в ней модулированные колебания самых различных частот. И если все эти радиосигналы превратить в звуки, то мы услышали бы сотни голосов людей, разговаривающих на разных языках. Вряд ли такой радиоприем нас устроил бы.

Нам, разумеется, интересно послушать передачи разных станций, но только не все одновременно, а каждую в отдельности. А для этого из колебаний всех частот, возбуждающихся в антенне, надо выделить колебания с частотой только той радиостанции, передачи которой мы желаем слушать. Эту задачу выполняет так называемый колебательный контур, имеющийся в любом, даже самом простом радиоприемнике.

Простейший колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. Он является той частью приемника, благодаря которой мы можем настраиваться то на одну, то на другую радиостанцию. Поэтому-то колебательный контур и является обязательным элементом каждого радиоприемника.

Подробнее о колебательном контуре мы расскажем тебе после того, как ты испробуешь его в действии.

Возможность приема передач на том или ином расстоянии от радиостанции зависит от мощности излучаемых ею радиоволн: чем мощнее передатчик станции, тем на большем расстоянии от нее можно слушать ее передачи. Здесь можно провести аналогию со светом: чем ярче, мощнее источник света, тем на большем расстоянии он виден.

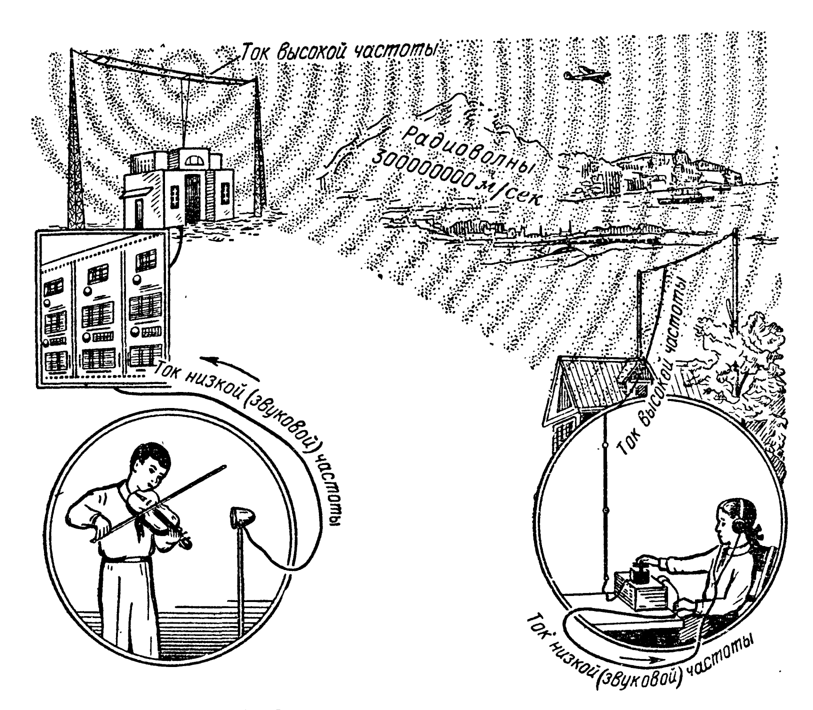


Рис. 23. Схема радиопередачи и радиоприема.

Дальность радиоприема зависит также от **чувствительности** самого приемника, т. е. от его способности реагировать на слабые электрические сигналы, уловленные антенной. Чем приемник чувствительнее к слабым сигналам, тем он «дальнобойнее».

Дальность радиоприема зависит еще и от длины волны радиостанции, о чем я уже говорил в этой беседе. Объясняется это некоторыми особенностями распространения радиоволн разной длины.

Распространение радиоволн

Волны разных диапазонов обладают неодинаковыми свойствами, влияющими на дальность их распространения. Волны одной длины преодолевают большие расстояния, волны другой длины «теряются» за пределами горизонта. Бывает так, что радиосигнал превосходно слышен где-то по ту сторону Земли или в Космосе, но его невозможно обнаружить в нескольких десятков километров от радиостанции.

Если бы мы настроили приемники на рядом расположенные радиостанции, работающие в диапазонах ультракоротких, коротких, средних и длинных волн, то, удаляясь от станций, мы смогли бы наблюдать такое явление: уже в нескольких десятках километров прекратился бы прием ультракоротковолновой и коротковолновой станций. Через 800—1 000 *км* мы перестали бы слышать передачи средневолновой станции, в через 1 500—2 000 *км* — и передачи длинноволновой станции. Но на бо́льшем расстоянии мы вновь смогли бы услышать передачу коротковолновой станции.

Чем объяснить это явление? Что влияет на «дальнобойность» радиоволн разной длины? Земля и окутывающая ее атмосфера.

Земля, как ты уже знаешь, проводник тока, хотя и не такой хороший, как, скажем, медные провода. Земная атмосфера состоит из трех слоев. Первый слой, верхняя граница которого кончается в 10—12 *км* от поверхности Земли, называется тропосферой. Над ним, километров до 50 от поверхности Земли, второй слой — стратосфера. А выше, примерно до 400 *км* над Землей, простирается третий слой — ионосфера (см. рис. 24). Ионосфера и играет решающую роль в распространении радиоволн, особенно коротких.

Воздух в ионосфере сильно разрежен. Под действием солнечных излучений там из атомов газов выделяется много свободных электронов, в результате чего появляются положительные ионы. Происходит, как говорят, ионизация верхнего слоя атмосферы. Ионизированный слой способен поглощать радиоволны и искривлять их путь. В течение суток в зависимости от интенсивности солнечного излучения количество свободных электронов в ионизированном слое, его толщина и высота изменяются, а от этого изменяются и его электрические свойства.

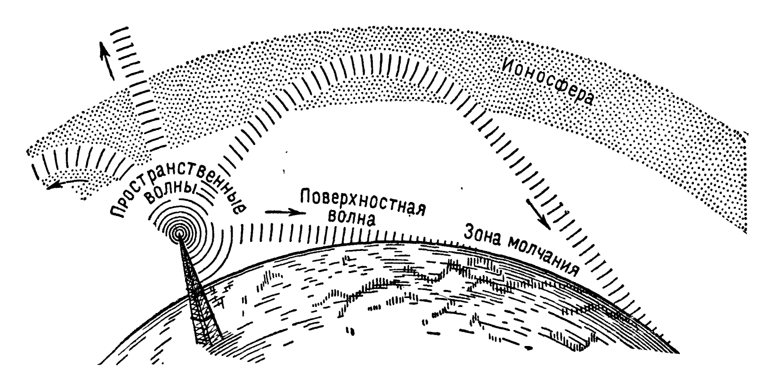


Рис. 24. Пути радиоволн

Антенны радиостанций излучают радиоволны как вдоль земной поверхности, так и вверх под различными углами к ней. Волны, идущие первым путем, называют земными или поверхностными, а вторым путем — пространственными. При приеме сигналов станций длинноволнового диапазона используется главным образом энергия поверхностных волн, которые хорошо огибают поверхность Земли. Являясь проводником, Земля поглощает энергию радиоволн. Поэтому по мере удаления от длинноволновой станции громкость приема ее передач постепенно падает и, наконец, прием совсем прекращается.

Средние волны хуже огибают Землю и, кроме того сильнее, чем длинные, поглощаются ею. Этим-то и объясняется меньшая «дальнобойность» средневолновых радиовещательных станций по сравнению с длинноволновыми. Так, например, сигналы радиостанции, работающей на волне длиной 300—400 *м*, могут быть приняты на расстоянии в 2—3 раза меньшем, чем сигналы станции такой же мощности, но работающей на волне длиной 1 500—2 000 *м*. Чтобы повысить дальность действия этих станций, приходится увеличивать их мощность.

Однако в вечернее и ночное время передачи радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов можно слушать на бóльших расстояниях, чем днем. Дело в том, что излучаемая вверх часть энергии радиоволн этих станций днем бесследно теряется в атмосфере. После же захода Солнца нижний слой ионосферы искривляет их путь так, что они возвращаются к Земле на таких

расстояниях, на которых прием этих станций поверхностными волнами уже невозможен.

Радиоволны станций КВ диапазона сильно поглощаются Землей и плохо огибают ее поверхность. Поэтому уже в нескольких десятках километров от таких станций их поверхностные волны затухают. Но зато пространственные волны могут быть обнаружены радиоприемниками в нескольких тысячах километрах от них и даже в противоположной точке Земли.

Искривление пути пространственных коротких волн происходит в ионосфере. Войдя в ионосферу, они могут пройти в ней очень длинный путь и вернуться на Землю очень далеко от радиостанции. Они могут совершить кругосветное «путешествие» — их можно принять даже в том месте, где расположена передающая станция. Этим и объясняется секрет хорошего распространения коротких волн на большие расстояния даже при малых мощностях передатчика.

Но короткие волны имеют и недостатки. Образуются зоны, где передачи коротковолновых станций не слышны. Их называют зонами *молчания* (рис. 24). Величина зоны молчания зависит от длины волны и состояния ионосферы, которое в свою очередь зависит от интенсивности солнечного излучения.

Ультракороткие волны по своим свойствам наиболее близки к световым лучам. Они в основном распространяются прямолинейно и сильно поглощаются землей, растительным миром, различными сооружениями, предметами. Поэтому уверенный прием сигналов УКВ станции поверхностной волной возможен главным образом тогда, когда между антеннами передатчика и приемника можно мысленно провести прямую линию, не встречающую по всей длине каких-либо препятствий в виде гор, возвышенностей, лесов. Ионосфера же для УКВ подобно стеклу для света — «прозрачна». УКВ почти беспрепятственно проходят через нее. Поэтому-то УКВ и используют для связи с искусственными спутниками Земли, космическими кораблями и между ними.

Но наземная дальность действия даже мощной УКВ станции не превышает, как правило, 100—200 *км*. Лишь путь наиболее длинных волн УКВ диапазона порядка 8—9 *м* несколько искривляется нижним слоем ионосферы, который как бы пригибает их к земле. Благодаря этому расстояние, на котором возможен прием УКВ передатчика, может быть большим.

Иногда, однако, передачи УКВ станций слышны на расстояниях в сотни и тысячи километров от них. Радиолюбители помогают ученым раскрыть эти «секреты» ультракоротких волн, как они в свое время помогли изучить свойства коротких волн.

○

БЕСЕДА ТРЕТЬЯ

От теории к практике

Путь к практическому изучению радиотехники обычно начинается с постройки самого простого приемника — детекторного. Советую и тебе не нарушать эту радиолюбительскую традицию.

Но детекторный приемник, как, впрочем, и многие простые транзисторные и ламповые приемники, которые будут следующим этапом твоего творчества, не будет сколь-либо прилично работать без хорошей антенны и заземления. С них поэтому тебе и придется начать свои первые практические шаги в радиотехнике.

Антенна и заземление

Слово «антенна» пришло к нам из греческого языка. Греки называли антенной щупальцы или усики насекомых.

Приемная антенна — это тоже щупальцы, которыми приемник захватывает из пространства энергию радиоволн. Чем больше этой энергии он получит от своей антенны, тем громче будет работать. Это особенно наобходимо для детекторного приемника, который работает исключительно за счет энергии, получаемой им из антенны.

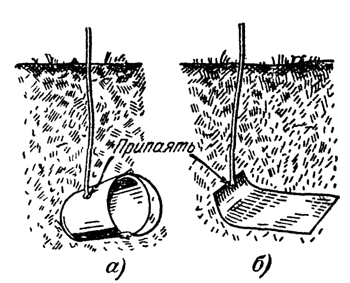


Рис. 25. Устройство заземления.

Конструкций антенн много. Бóльшая часть из них — это длинные провода, поднятые высоко над землей. В городах, где не всегда есть возможность укрепить на улице длинные провода, делают антенны в виде проволочных метелок или рамок на шестах, которые устанавливают на крышах. Антенны этих видов носят название наружных, так как они находятся снаружи зданий. Те же антенны, которые располагаются внутри зданий, называют комнатными или внутренними. Наружные антенны по приемным свойствам лучше внутренних.

Тебе, пока что начинающему радиолюбителю, рекомендую соорудить наружную антенну. Однако сначала сделай заземление. Дело в том, что под действием атмосферных разрядов в проводе наружной антенны могут возникать столь значительные электрические заряды, что они будут ощущаться при прикосновении к проводу. Соединив же с землей провод будущей наружной антенны, ты этим будешь отводить заряды в землю.

Заземление. Возможно ближе к окну, через которое предполагаешь вводить провода заземления и антенны, вырой яму такой глубины, где земля всегда сохраняет влагу. В яму уложи какой-нибудь металлический предмет, например старое, но не заржавевшее ведро (рис. 25, *а*) или лист оцинкованного железа (рис. 25, *б*) размером примерно 50 × 100 *см*, предварительно припаяв к ним кусок длинной проволоки. Металлический предмет засыпь землей, но осторожно, чтобы не перерубить лопатой провод заземления, и хорошо утрамбуй ее.

Провод заземления прикрепи к стене дома скобками, сделанными из гвоздей или стальной проволоки.

Если ты живешь в городе, то заземлением могут служить трубы водопровода, центрального парового или водяного отопления, так как они имеют хорошее соединение с землей. Трубу, по возможности ближе к месту установки приемника, зачистить до блеска напильником. Этот участок трубы туго обмотай концом зачищенного медного провода, который пойдет к приемнику. Надежный контакт провода с трубой можно сделать и с помощью металлического хомута (рис. 26).

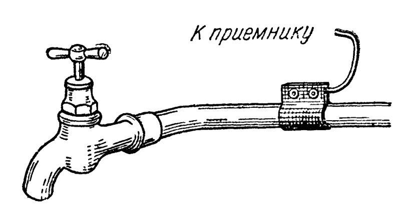


Рис. 26. Водопроводная труба в качестве заземления.

Наружная антенна. Наилучшие результаты даст так называемая Г-образная антенна, напоминающая внешним видом букву «Г» (рис. 27). Она состоит из провода длиной 20—40 *м*, подвешенного с помощью опор-мачт на высоте 10—15 *м* над землей, и с н и ж е н и я — провода, свисающего вниз, конец которого подключают к радиоприемнику. Ту часть снижения, которую вводят в дом, называют в в о д о м а н т е н н ы.

Чем длиннее горизонтальная часть антенны и чем выше над землей она поднята, тем лучше радиоприем.

Для антенны лучше всего применить а н т е н н ы й к а н а т и к — многожильный провод, свитый из тонких медных проволочек, или медную проволоку толщиной 1,5—3 *мм*. В крайнем случае можно использовать оцинкованную

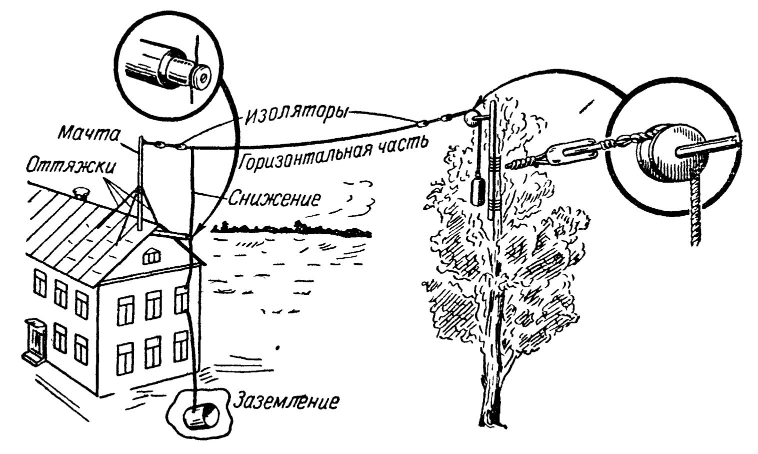


Рис. 27. Наружная Г-образная антенна и заземление.

стальную или железную проволоку такой же толщины. Более тонкая проволока не годится: антенна из нее получится непрочной. Не рекомендуем применять для антенны алюминиевую проволоку, так как на воздухе она весьма быстро становится хрупкой и обрывается.

Горизонтальную часть, снижение и ввод антенны делай из целого куска провода. Если нет куска провода необходимой длины, то соединяемые участки проводов зачисть до блеска, прочно скрути и обязательно пропаяй места скруток.

Определяя места подвески горизонтальной части антенны, учитывай возможность использования крыши своего дома или других высоких сооружений.

Близко к крышам домов и над деревьями антенну подвешивать не рекомендуется. Если неподалеку проходят провода электрического освещения, горизонтальную часть антенны нужно располагать по возможности перпендикулярно им и подальше от них.

Категорически **запрещается** подвешивать антенну над проводами электрического освещения, телефонными, телеграфными и другими проводами, а также крепить шесты к водосточным, вентиляционным и дымоходным трубам, телефонным столбам, столбам электрического освещения.

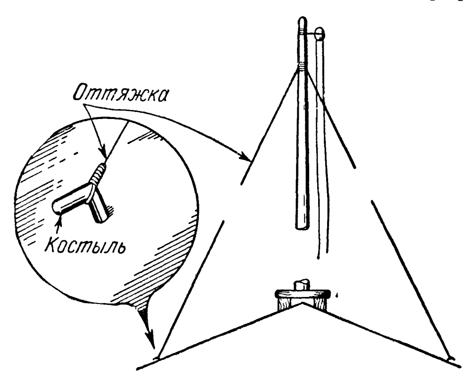


Рис. 28. Крепление мачты антенны на крыше.

Для мачт, устанавливаемых на крышах домов, нужны шесты длиной 3—4 *м*, диаметром у основания 8—10, а у вершины 4—5 *см*. В сельской местности в качестве одной из опор можно использовать высокое дерево.

К шестам, отступая от вершин на 15—20 *см*, прикрепи по три куска стальной проволоки длиной несколько больше длины шестов; они будут оттяжками. На вершине одного из шестов укрепи блок. Пропусти через него прочную веревку, а лучше тонкий металлический трос для подъема горизонтальной части антенны, а в дальнейшем для регулировки ее натяжения. Под мачты желательно сделать дощатые опоры — площадки с гнездами для их оснований (рис. 28).

Устанавливать мачты удобнее вдвоем. Один держит мачту в вертикальном положении, другой закрепляет ее оттяжки на костылях или гвоздях, вбитых в крышу. Если кровля железная, оттяжки можно крепить в закроях железа.

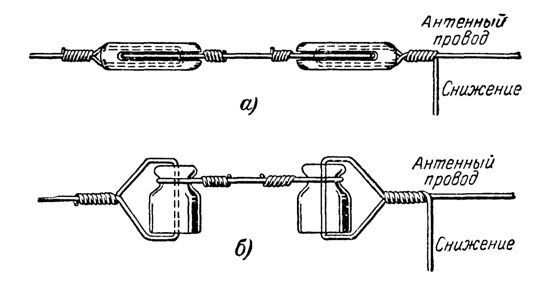


Рис. 29. Цепочки изоляторов.

Горизонтальную часть антенны подвешивают к мачтам на двух цепочках из антенных изоляторов (рис. 29, *а*) или фарфоровых «роликах» (рис. 29, *б*), используемых для комнатной электропроводки. В каждой цепочке должно быть не менее чем по два изолятора. Одну цепочку крепят к вершине мачты без блока, вторую — к веревке (тросу), перекинутой через блок на второй мачте.

Разматывая провод, не выпускай моток из рук, следи за тем, чтобы на нем не образовывались петли, перегибы. Ту часть провода, которая будет снижением, временно, пока не закончишь подъем и крепление горизонтальной части антенны, соедини с заземлением. Если для снижения приходится использовать

отдельный кусок провода, место его скрутки с горизонтальным лучом обязательно пропаяй.

Сильно натягивать провод горизонтального луча не следует, так как во время зимних морозов его длина заметно уменьшается, провод натягивается и может оборваться или поломать опоры.

Чтобы снижение не болталось и не соприкасалось с кровлей или другими частями дома, укрепи на стене или на краю крыши шест или брусок с роликом и привяжи к нему провод снижения.

Если в качестве одной опоры для антенны будешь использовать дерево, привяжи к его стволу шест с блоком на конце (см. рис. 27). Свободный конец троса, пропущенный через блок, крепить к стволу не следует — во время ветра

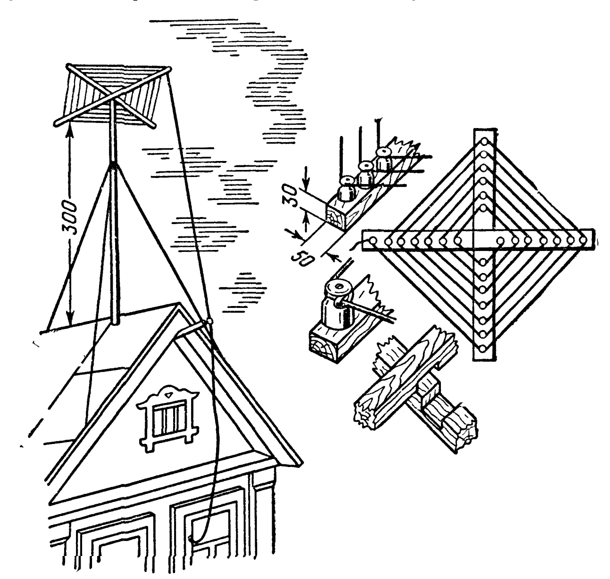


Рис. 30. Рамочная антенна.

качающееся дерево может оборвать провод антенны. К нему надо привязать какой-нибудь груз, например камень. Подбирая вес этого груза, легко добиться необходимого натяжения горизонтального луча антенны.

Если по каким-либо причинам тебе не удастся соорудить Г-образную антенну на двух опорах, сделай ее в виде наклонного луча. В этом случае потребуется одна опора высотой 10—15 *м*. Второй конец провода крепи на изоляторе возле окна, через которое антенну вводишь в дом.

Если дом высокий, а ты живешь на первом или втором этаже, неплохой наружной антенной может быть провод, вертикально или с наклоном свисающий к твоему окну.

Можно также соорудить одномачтовую антенну. Одна из конструкций таких антенн, именуемая рамочной, показана на рис. 30. Провод длиной 20—40 *м* намотан на фарфоровых роликах, привинченных к крестообразной раме из брусков сечением примерно 30 × 50 *мм*. Длина брусков около 1 *м*. Ролики расположены на расстоянии 20—30 *мм* один от другого. Рама прибита к мачте, которую устанавливают на крыше.

Намотка провода на ролики идет от середины рамы. Начало провода закрепляют на ролике. После намотки провод также закрепляется на ролике. Оставшийся свободный конец провода служит снижением.

Другая конструкция одномачтовой антенны — «метелка» (рис. 31). Она состоит из 40—80 прутков голой проволоки толщиной 1,0—1,5 *мм* и длиной по 40—50 *см*. Все они зачищены с одного конца и туго стянуты концом провода, предназначенного для снижения. Нижнюю часть «метелки» желательно залить расплавленным свинцом, чтобы обеспечить надежный контакт между отдельными ее прутками. Пучок прутков вставлен в отверстие большого фарфорового изолятора, предназначенного для уличной электропроводки (можно толстостенный фарфоровый или стеклянный стакан подходящего диаметра), а затем залит варом или смолой. Свободные концы прутков расправляют наподобие метлы. Изолятор крепят к мачте железным хомутиком или проволокой.

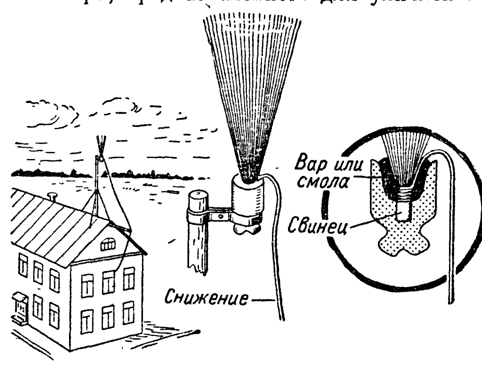


Рис. 31. Антенна «метелка».

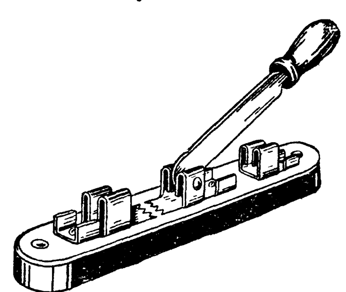
Вводы антенны и заземления. Для оборудования ввода наружной антенны, кроме изоляционных материалов, потребуется еще г р о з о в о й п е р е к л ю ч а т е л ь — небольшой рубильник с зубчатыми пластинками, образующими искровой промежуток (рис. 32).

Провода снижения и заземления вводят внутрь комнаты через отверстия, просверленные в стене, оконной колоде или неоткрывающейся раме окна. Отверстия сверлятся с небольшим наклоном в сторону улицы, чтобы через них не могла затекать в комнату дождевая вода. Возможно ближе к этим отверстиям крепят грозовой переключатель (рис. 33).

В отверстие антенного ввода с наружной стороны вставь фарфоровую воронку, а с внутренней — втулку. Вставь в них резиновую, хлорвиниловую или другую изоляционную трубку, а через трубку пропусти в комнату конец снижения. Если нет фарфоровых воронки и втулки, можно обойтись одной изоляционной трубкой.

Ввод заземления делай без изоляционных материалов, только со стороны комнаты вставь в отверстие втулку, чтобы не испортить внешнего вида стены.

Ввод антенны укрепи на роликах и, сделав на конце петельку, закрепи ее под верхний зажим грозопереключателя. Ввод заземления прибей к стене проволочными скобами. На конце его провода тоже сделай петельку и прочно зажми ее под винт ножа грозопереключателя.


Рис. 32. Грозопереключатель.

Далее заготовь два куска изолированного провода такой длины, чтобы дотянуть их до твоего рабочего места. Подойдет провод, применяемый для электросети. Концы проводов зачисть от изоляции. Один из них закрепи под нижний свободный зажим грозопереключателя, а другой провод — под его верхний зажим (с которым соединён ввод антенны). Противоположными концами эти провода будешь подключать к приемнику.

Зачем нужен грозопереключатель? Чтобы отводить в землю электрические заряды, возникающие в наружной антенне под действием различных атмосферных явлений. Когда приемником не пользуются, антенна должна быть заземлена — нож грозопереключателя устанавливают в верхнее положение. Перед тем как начать слушать радиопередачи, нож грозопереключателя перекидывают вниз,

переключая заземление на приемник. По окончании радиоприема нож грозопереключателя снова перекидывают в верхнее положение.

Если во время радиоприема в телефонах или громкоговорителе появляется треск, являющийся признаком приближения грозы (в это время заряды из антенны уходят в землю через искровой промежуток), прием надо прекратить, а антенну заземлить. Приемник перестает работать, а создающиеся в антенне сильные заряды через нож переключателя стекают в землю, не причиняя вреда ни приемнику, ни слушателю.

Этих предосторожностей вполне достаточно, чтобы не иметь неприятностей от наружной антенны во время грозы.

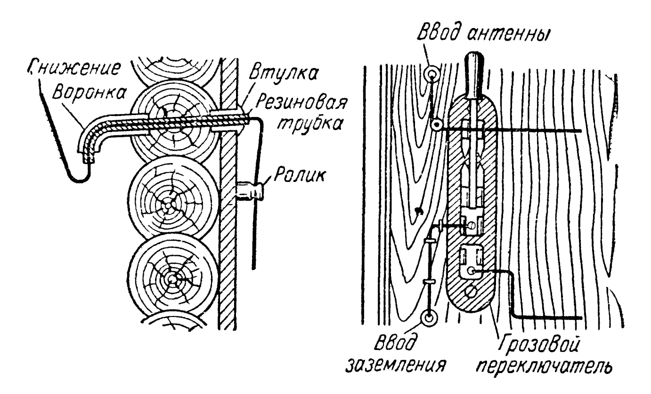


Рис. 33. Устройство вводов антенны и заземления и установка грозового переключателя.

Комнатные антенны. Для приемников, обладающих более высокой чувствительностью, чем детекторные, а иногда и для детекторных приемников, если радиовещательная станция находится недалеко, можно использовать комнатную антенну. Для ее устройства нужно в углах комнаты под потолком привернуть фарфоровые ролики и натянуть между ними изолированный или голый провод. Его можно протянуть вдоль одной, двух, трех или всех четырех стен комнаты. Один из концов провода идет вниз, к приемнику. Такая антенна будет тем лучше, чем длиннее ее провод и чем выше над землей находится комната.

Снижение Изоляторы

Рис. 34. Спиральная комнатная антенна.

Можно сделать спиральную комнатную антенну (рис. 34). Она представляет собой изолированный или голый провод длиной несколько десятков метров, свитый в спираль на круглой болванке. Спираль подвешивают на шнуре между стенами комнаты. Снижение к радиоприемнику можно сделать от любого конца или витка спирали.

Грозопереключатели для комнатных антенн не нужны.

Заменители антенн. Не только в специально подвешенных проводах, но и во всех проводниках радиоволны возбуждают токи высокой частоты. Они возбуждаются в проводах электрического освещения, в железных крышах, металлических кроватях. Все эти предметы могут быть использованы в качестве антенны. Правда, прием на подобные заменители антенн всегда будет слабее, чем на наружную антенну.

Как правило, лучший прием получается на электрические провода, если они подвешены на столбах на открытой, не гористой и не лесистой местности.

Хорошие результаты получаются и при приеме «на крышу», если она не имеет соединения с землей.

Если в качестве антенны использовать электрические провода, приемник должен присоединяться к ним только через разделительный конденсатор (рис. 35). Он может быть слюдяным или керамическим емкостью 220—510 *пф* (пикофарада — единица измерения электрической емкости). Один вывод конденсатора припаяй к однополюсной вилке. Ее ты будешь вставлять в гнездо штепсельной розетки. Ко второму выводу конденсатора припаяй кусок изолированного провода; его свободный конец будешь подключать к приемнику вместо антенны. Все оголенные участки выводов конденсатора и места паек тщательно обмотай изоляционной лентой.

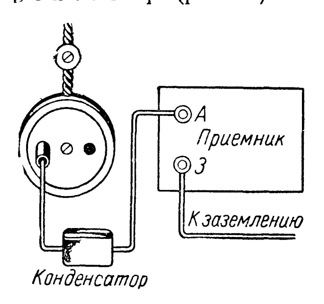


Рис. 35. Использование проводов электросети в качестве антенны.

В какое из гнезд штепсельной розетки включать конденсатор, нужно установить опытным путем. Иногда от этого зависит громкость работы приемника.

Зачем нужен разделительный конденсатор? Может быть, можно обойтись без него? Нет! Без конденсатора использовать электросеть вместо антенны нельзя! И вот почему. В сети течет 50-периодный ток сравнительно высокого напряжения. Это напряжение существует как между двумя проводами сети, так и между ними и землей. Если приемник окажется присоединенным к сети без этого конденсатора, через него в землю вместе с высокочастотными колебаниями пойдет и ток промышленной частоты. Приемник может испортиться, а слушатель — получить электрический удар. Конденсатор же оказывает очень большое сопротивление этому току, но хорошо пропускает к приемнику высокочастотные колебания, индуцируемые в проводах электросети, и тем самым избавляет от неприятностей.

Когда приемником не пользуются, разделительный конденсатор надо отключать от осветительной сети.

Твой первый радиоприемник

Нередко начинающий радиолюбитель собирает свой первый детекторный радиоприемник по первому попавшемуся описанию, подчас не вполне понимая, что он делает. В результате могут появиться ошибки, и приемник не будет работать. «Надо переделать», — решает конструктор. Переделывает приемник заново, но и он молчит. А с неудачей приходит разочарование, неверие в свои силы. Чтобы с тобой этого не случилось, проведи для начала несколько опытов.

Детекторный приемник можно собирать в ящичке или на дощечке, называемой панелью. Такой приемник ты, если пожелаешь, тоже сможешь потом построить. Но сейчас рекомендуем тебе заняться сборкой детекторного приемника в развернутом виде. Детали понадобятся те же, и работать он будет так же, но его детали будут лежать на столе. Такие приемники называют «летучими схемами». Их главное достоинство заключается в том, что в них легко делать любые изменения и дополнения, исправлять ошибки простым пересоединением проводников.

Проведенные опыты помогут тебе понять принцип работы нескольких вариантов детекторных приемников, получить первые практические навыки конструирования.

Для опытов, а в дальнейшем и для других приемников тебе понадобятся электромагнитные головные телефоны, например типа ТОН-1 (рис. 36, *а*), или, как их часто называют, «радионаушники», детектор (рис. 36, *б*), роль которого может выполнять точечный диод любого типа, например Д1 или Д9, с любым

буквенным индексом; конденсаторы постоянной емкости (рис. 36, *в*), зажимы или колодочки со штепсельными гнездами и некоторые другие детали.

Катушку индуктивности намотаешь сам. Для нее потребуется обмоточный провод марки ПЭЛ (Провод с Эмалевой Лакостойкой изоляцией) или ПЭВ (Провод с Эмалевой Высокопрочной изоляцией) толщиной 0,2—0,3 *мм*. Обмоточные провода этих марок и их толщину (без изоляции) обозначают так: ПЭЛ 0,2,

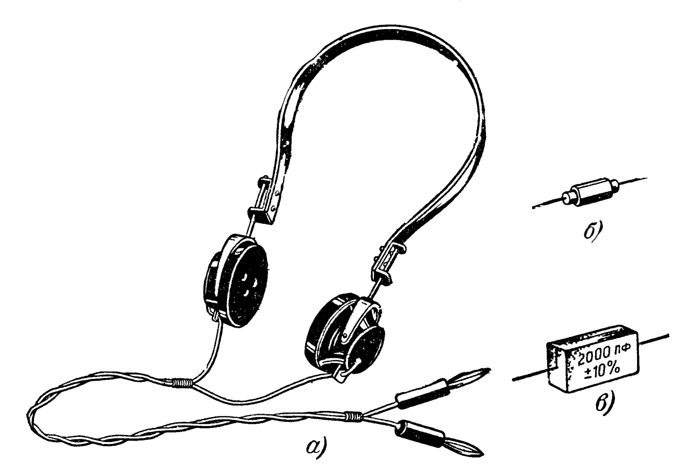


Рис. 36. Головные телефоны (*а*), точечный диод (*б*) и конденсатор (*в*), необходимые для опытных приемников.

ПЭВ 0,3. Годятся, разумеется, провода и других марок, например, ПБД — с изоляцией из двух (буква Д) слоев хлопчатобумажной пряжи (буква Б), или ПЭЛШО — с эмалевой лакостойкой изоляцией и одним (буква О) слоем натурального шелка (буква Ш). Важно лишь, чтобы изоляция была непопорченной, иначе между витками катушки может быть замыкание.

На катушку из-под ниток, используя ее как каркас, намотай внавал 400—450 витков рекомендуемого провода, делая отводы через каждые 75—80 витков, скручивая провод в этих местах петлями. Допустим, что ты намотал 450 витков и делал отводы через каждые 75 витков. Получилась многослойная катушка индуктивности с пятью отводами (рис. 37). Участки между отводами, а также между началом катушки и первым отводом и между последним отводом и концом называют секциями катушки.

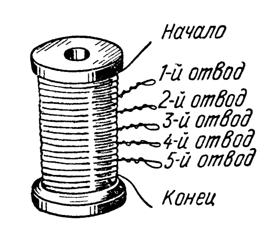


Рис. 37. Самодельная катушка индуктивности первого приемника.

Бывает, что во время намотки катушки провод оборвется или одного мотка не хватит на всю катушку. В этом случае концы провода, которые нужно срастить, должны быть очищены от изоляции и крепко скручены (рис. 38). Скрутку желательно пропаять и обязательно обмотать изоляционной лентой. Если соединение приходится около отвода, то лучше не жалеть нескольких витков провода и сделать его в петле.

А теперь, юный друг, зачисть от изоляции концы выводов и отводов катушки, только осторожно, чтобы не порвать провод, и приступай к первому опыту. Начало катушки *Н* (рис. 39) соедини с одним из выводов детектора, а конец катушки *К* — с одной из контактных ножек шнура телефонов. Оставшиеся свободными выводы детектора и телефонов соедини куском провода. К проводнику, идущему от начала катушки к детектору, прочно прикрути провод антенны,

предварительно зачистив конец его от изоляции. Этот проводник приемника будем называть антенным. К проводнику, соединяющему конец катушки с телефоном, прикрути провод заземления. Будем называть его заземленным проводником. Во время опытов его придется переключать с одного вывода катушки на другой (на рис. 39 показано пунктиром), не изменяя при этом соединения заземления с телефонами и конденсатором.

Правильно Неправильно

Рис. 38. Сращиваемые концы проводов надо зачистить от изоляции и скрутить.

Совершим «прогулку» по цепям получившегося приемника. От начала катушки *Н* по антенному проводнику мы попадаем к детектору, а от него — к телефонам. Через телефоны и далее по заземленному проводнику и все витки катушки приходим к отправной точке *Н*. Получилась замкнутая электрическая цепь, составленная из катушки, детектора и телефона. Эту цепь называют *детекторной цепью*. Если в ней где-либо будет обрыв, плохой контакт между деталями, например непрочная скрутка, цепь окажется разорванной и приемник работать не будет.

Кратчайший путь из антенны в землю лежит через катушку. По этому пути пойдет ток высокой частоты, возбуждаемый в антенне радиоволнами. Этот ток создаст на концах катушки напряжение высокой частоты, которое вызовет ток такой же частоты и в детекторной цепи.

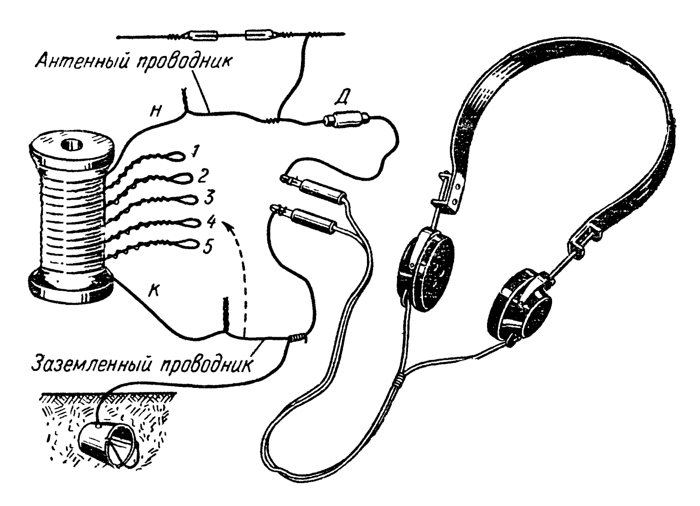


Рис. 39. Соединение деталей для первого опыта.

Цепь, состоящую из антенны, катушки и заземления, называют *антенной цепью* или *антенным контуром*. Обращаем внимание на то, что катушка входит как в детекторную, так и в антенную цепь.

Познакомившись с цепями приемника, надень на голову телефоны, прижми их плотнее к ушам, прислушайся. Возможно, что сразу ты ничего не услышишь даже при заведомо хороших антенне и заземлении, предварительно проверенных детекторе и телефонах. Это потому, что приемник, видимо, не настроен на радиовещательную станцию, хорошо слышимую в вашем районе, или ты попал в перерыв передачи. Настройка такого приемника осуществляется изменением числа витков катушки, включаемых в антенный контур.

На рис. 39 в антенный контур включены все 450 витков катушки. Но если заземленный проводник отсоединить от конца катушки и присоединить, например, к отводу *5*, то в контур будет включено уже не 450, а 375 витков. Если же этот проводник переключить на отвод *4*, в контур будет включено 300 витков. При переключении его на отвод *3* в антенный контур будет включено 275 витков и т. д. При этом нижние секции окажутся не включенными в контур и в работе приемника участвовать не будут. Таким образом, переключением заземленного проводника ты можешь включать в контур 75, 150, 225 и т. д. до 450 витков через 75 витков.

Запомни: чем больше длина волны радиовещательной станции, на которую можно настроить приемник, тем большее число витков катушки должно быть включено в антенный контур.

Твой приемник можно настраивать на радиовещательные станции средневолнового и длинноволнового диапазонов. Но, разумеется, не всякую станцию ты можешь услышать. Очень отдаленные станции на детекторный приемник слышны не будут.

Теперь займись настройкой приемника путем присоединения заземленного проводника сначала к отводу *5*, затем к отводу *4* и так до отвода *1*. Одновременно следи, чтобы отводы катушки и соединительные проводники не соприкасались, а скрутки были прочными. Иначе приемник совсем не будет работать или в телефонах будут слышны треск, шорохи, мешающие приему. Электрические контакты будут надежнее, если места соединений проводников и деталей пропаять.

Настроив приемник на одну станцию, запомни число витков, включенных в контур, при котором станция слышна с наибольшей громкостью. Потом попытайся «найти» таким же способом другую станцию.

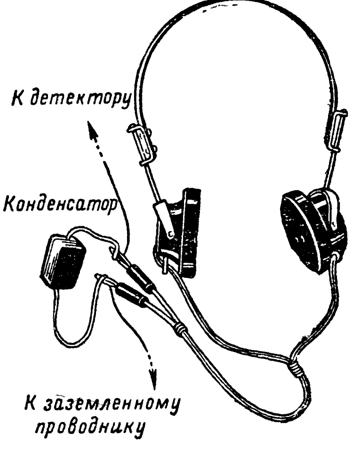


Рис. 40. Параллельно головным телефонам присоединен блокировочный конденсатор.

Надеюсь, что ты добился некоторого успеха. Попробуй улучшить работу приемника. Не изменяя настройки приемника, присоедини параллельно телефонам конденсатор (рис. 40), называемый в данном случае б л о к и р о в о ч н ы м. Емкость его может быть в пределах от 1000 до 3 000 *пф*. При этом громкость звучания телефонов должна несколько увеличиться.

Если радиовещательные станции находятся более чем в 150—200 *км* от того места, где ты живешь, включи блокировочный конденсатор в самом начале опыта.

Настройка приемника только скачкообразным изменением индуктивности катушки очень проста. Но она не всегда позволяет добиться точной настройки контура на частоту станции. Точную настройку можно осуществить некоторыми другими способами. Например, с помощью гвоздя. Попробуй!

Настрой приемник уже знакомым тебе способом на волну радиостанции и введи в отверстие каркаса катушки толстый гвоздь или подходящего диаметра болт. Что получилось? Громкость приема немного возросла или, наоборот, уменьшилась. Вытащи гвоздь из катушки — громкость станет прежней. Теперь медленно вводи гвоздь в катушку и также медленно извлекай его из катушки — громкость работы приемника будет немного, но плавно изменяться. Опытным путем можно найти такое положение металлического предмета в катушке, когда настройка, будет точной.

Этот опыт позволяет сделать вывод, что металлический предмет, помещенный в катушку, влияет на настройку контура.

С таким способом настройки приемника, только, разумеется, с применением лучшего, чем гвоздь, ф е р р о м а г н и т н о г о с е р д е ч н и к а ты

познакомишься еще в этой беседе и часто будешь пользоваться им в дальнейшем. Сейчас же предлагаем ввести в приемник конденсатор переменной емкости и с помощью его настраивать антенный контур на частоту радиостанции.

Для удобства проведения этого, а также последующих опытов на фанерной дощечке размерами примерно 25 × 70 *мм* смонтируй колодку со штепсельными гнездами, два зажима, детектор и блокировочный конденсатор, соединив их под дощечкой, как показано на рис. 41. Заметим, что зажимы иногда называют также клеммами.

Колодку с гнездами устанавливай на дощечке так: просверли в ней два отверстия диаметром 6—8 *мм* с расстоянием 20 *мм* между центрами и вставь в них «хвосты» штепсельных гнезд. Колодочку укрепи на дощечке шурупами или маленькими болтиками.

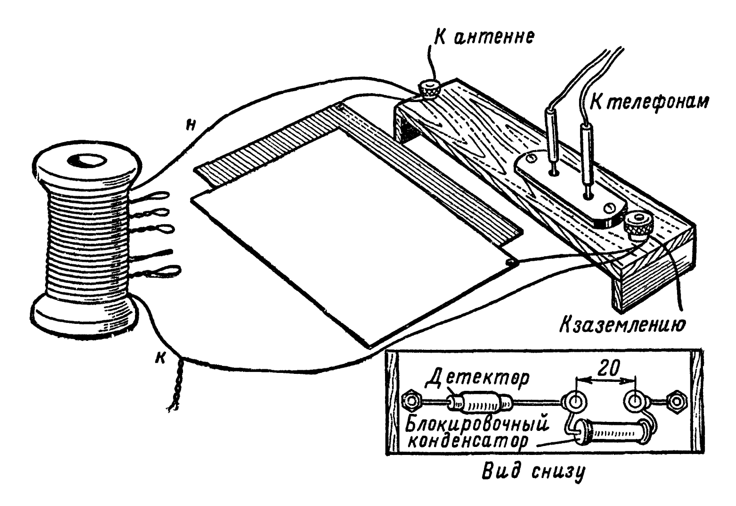


Рис. 41. Приемник с конденсатором переменной емкости.

Начало катушки и антенну подключи к зажиму, с которым соединяется детектор, а ко второму зажиму, соединенному с гнездом телефонов, подключи конец катушки и заземление.

Роль конденсатора переменной емкости будут выполнять две металлические пластины размерами примерно 150 × 150 *мм*, используя для этой цели, например, жесть больших консервных банок. К пластинам припаяй проводники длиной по 250—300 *мм*. При помощи этих проводников одну пластину соедини с зажимом антенны, а другую — с зажимом заземления.

Положи пластины на стол одну возле другой, но так, чтобы они не соприкасались, и настрой приемник на радиостанцию переключением секций катушки заземленным проводником. Теперь поднеси заземленную пластину к пластине, соединенной с антенной. Если громкость будет увеличиваться, сближай пластины и, наконец, положи одну пластину на другую, проложив между ними лист сухой бумаги (чтобы не было электрического контакта). Найди такое взаимное расположение пластин, при котором будет точная настройка. Если же при сближении пластин громкость приема будет уменьшаться, переключи заземленный проводник на ближний к началу катушки отвод и вновь сближай пластины, добиваясь наибольшей громкости.

В этом опыте грубая настройка приемника осуществлялась изменением индуктивности катушки путем переключения секций, а подстройка — изменением емкости конденсатора.

Запомни: индуктивность катушки и емкость конденсатора при настройке приемника на радиостанцию взаимосвязаны. Одну и ту же радиостанцию можно слушать при включении в антенный контур приемника большего числа витков, т. е. большей индуктивности катушки, но при меньшей емкости конденсатора, либо, наоборот, при меньшей индуктивности катушки, но бóльшей емкости конденсатора.

Следующий опыт — настройка антенного контура приемника высокочастотным сердечником. Для него, кроме детектора, телефонов и конденсаторов, потребуются: ферритовый стержень марки 600НН или 400НН диаметром 7—8 *мм* и длиной 140—160 *мм* (такие стержни используют для магнитных антенн транзисторных приемников) и две катушки — длинноволновая и средневолновая. Внешний вид ферритового стержня и конструкция катушек показаны на рис. 42. Внутренний диаметр каркасов катушек должен быть таким, чтобы стержень с небольшим трением входил в них. Длина каркаса длинноволновой катушки должна быть 100—110 *мм*, а средневолновой катушки 80—90 *мм*.

Каркасы склей из писчей бумаги в 3—4 слоя на стержне, используя его как болванку. Делай это так. Сначала закатай стержень в полоску бумаги на

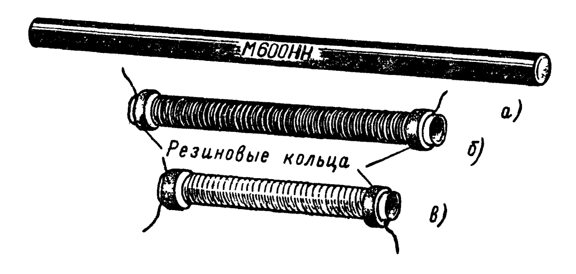


Рис. 42. Детали для следующего опыта.

а — ферритовый стержень; *б* — катушка длинноволнового диапазона; *в* — катушка средневолнового диапазона.

один оборот. Затем внутреннюю сторону оставшейся части бумаги намажь тонким и ровным слоем клея, плотно закатай в нее стержень и, не снимая каркас со стержня, хорошо просуши его. Предварительно стержень оберни одним-двумя слоями тонкой бумаги, чтобы к нему не прикасался каркас. Когда каркас подсохнет, сними его со стержня, удали бумажную прослойку и досуши в теплом месте.

Готовые каркасы должны быть жесткими. Для их склеивания лучше всего использовать клей БФ-2.

На каркас, предназначенный для катушки длинноволнового диапазона, надо намотать 300—320 витков провода ПЭЛ или ПЭВ 0,2—0,3, укладывая провод плотным рядом. Катушка средневолнового диапазона должна содержать 65—70 витков такого же провода, но уложенных на каркас вразрядку (с небольшим расстоянием между витками) с таким расчетом, чтобы общая длина намотки была 60—70 *мм*. Прежде чем наматывать катушку, вставь стержень в каркас. Провод сильно не натягивай, иначе каркас сожмется и из него трудно будет вытащить стержень. Чтобы крайние витки катушек не спадали, закрепи их на каркасе кольцами, нарезанными из резиновой или полихлорвиниловой трубки.

Катушки готовы. Подключи средневолновую катушку к ранее сделанной приставке так, как показано на рис. 43. Между зажимами антенны и заземления, т. е. параллельно катушке, включи слюдяной или керамический конденсатор емкостью 120—150 *пф*. Прижми телефоны поплотнее к ушам, сосредоточься и медленно вводи ферритовый стержень внутрь катушки. Постепенно углубляя стержень в катушку, ты должен услышать передачи всех радиовеща-

тельных станций средневолнового диапазона, прием которых возможен в вашей местности на детекторный приемник. И чем длиннее волна радиостанции, тем глубже должен быть введен стержень в катушку.

Опытным путем найди такие положения стержня в катушке, при которых слышны сигналы станций, и сделай на стержне пометки карандашом. Пользуясь ими как делениями шкалы, ты сможешь быстро настроить приемник на волну любой из этих станций.

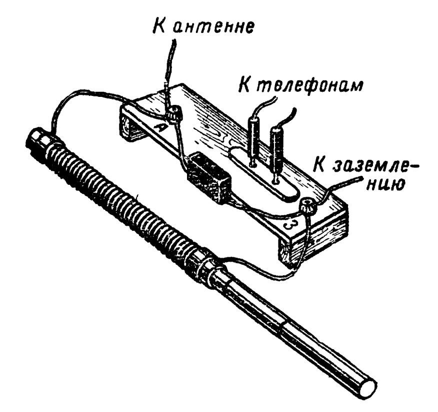


Рис. 43. Приемник с настройкой ферритовым стержнем.

Теперь включи параллельно катушке другой конденсатор емкостью 390—470 *пф* и посмотри, как это повлияло на настройку приемника. Громкость осталась прежней, но для настройки на те же станции стержень приходится меньше вводить в катушку. Совсем удали конденсатор, оставив включенной только катушку. Что получилось? Чтобы настраивать приемник на те же станции, стержень надо больше вводить в катушку.

Повтори все эти эксперименты и с катушкой длинноволнового диапазона. Результаты запоминай, а лучше записывай. Не исключено, что с этой катушкой будет слышна наиболее длинноволновая станция средневолнового диапазона даже тогда, когда стержень вообще не введен в катушку. Но добиться точной настройки на волну этой станции будет сложнее, чем с первой катушкой.

Проведя эти эксперименты, которые не отнимут много времени, ты познакомишься еще с одним вариантом детекторного приемника — двухдиапазонного с настройкой ферритовым сердечником и одновременно узнаешь, прием каких станций на него возможен.

Какие выводы можно сделать, проведя эксперименты с этим приемником? Основных два. Во-первых, ферритовый стержень значительно сильнее влияет на настройку контура, чем металлический предмет. Во-вторых, с помощью ферритового стержня можно плавно и точно настраивать контур приемника на желательную радиостанцию.

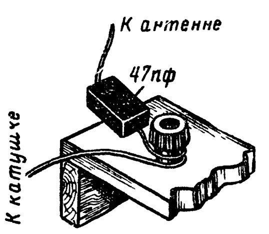


Рис. 44. Конденсатор, включенный в цепь антенны, улучшает избирательность приемника.

Почему мы рекомендовали витки средневолновой катушки наматывать в разрядку? Только для того, чтобы возможно точнее можно было настраивать контур приемника на частоты радиостанций. Ее можно намотать и виток к витку. Все ее витки заняли бы на каркасе участок шириной 15—20 *мм*. Но в этом случае труднее было бы настраивать приемник, так как малейшее смещение стержня сильно изменяло бы индуктивность катушки. Наматывая же катушку вразрядку, ты тем самым как бы растягивал диапазон волн, перекрываемый контуром приемника. Попробуй сдвинуть витки катушки, и ты убедишься, что настраивать приемник с такой катушкой сложнее. Вразрядку можно было бы укладывать витки и катушки длинноволнового диапазона. Но в этом нет необходимости, так как ее обмотка и без того достаточна широкая.

Проведи еще несколько экспериментов. Настрой приемник на любую радиостанцию, а затем, не изменяя настройки, включи между антенной и антенным зажимом приемника конденсатор емкостью 47—62 *пф* (рис. 44). Громкость приема несколько уменьшилась. Произошло это потому, что конденсатор изменил

данные, или, как говорят, п а р а м е т р ы контура. Подстрой контур ферритовым стержнем, введя его чуть глубже в катушку. Если до включения в контур дополнительного конденсатора во время приема одной станции прослушивалась другая, близкая по частоте радиостанция, теперь она будет прослушиваться слабее, а возможно, и совсем не будет мешать. Приемник стал четче выделять сигналы той станции, на которую настроен.

Попробуй вместо конденсатора постоянной емкости включить между антенной и приемником конденсатор переменной емкости. С помощью его ты сможешь не только изменять избирательность, но и настраивать приемник на частоту станции.

А теперь сделай так: антенну и заземление отключи от приемника и включи между ними детектор, а параллельно детектору присоедини телефон без блокировочного конденсатора. Вот и весь приемник. Работает? Тихо, вероятно? А, может быть, одновременно слышны две-три станции? От такого приемника ожидать лучшего не следует.

Ты, вероятно, заметил такое явление: когда дотрагиваешься рукой до деталей или соединительных проводников, громкость приема немного изменяется. Это объясняется расстройкой антенного контура вносимой в него электрической емкостью твоего тела.

Графическое обозначение деталей

Соединяя детали приемника, ты пользовался рисунками. На них катушку индуктивности, телефон, детектор и другие детали и соединения ты видел такими, какими они выглядят в натуре. Это очень удобно для начала, пока приходится иметь дело с совсем простыми радиоконструкциями, в которые входит мало деталей. Но если попытаться изобразить таким способом устройство современного приемника, то получилась бы такая «паутина» проводов, в которой невозможно было бы разобраться.

Чтобы этого избежать, любой электроприбор или радиоаппарат изображают схематически, т. е. при помощи упрощенного чертежа — схемы.

Подобные способы изображения применяют не только в радиотехнике и электронике. Посмотри на географическую карту. Судоходная могучая красавица Волга со всеми ее грандиозными сооружениями изображена на карте извивающейся змейкой. Такие крупные города, как Москва, Ленинград, Куйбышев, Владивосток и др., показаны всего лишь кружками. Леса, равнины, горы, моря, каналы изображены на географической карте тоже упрощенно — схематически.

Существуют два вида схем: п р и н ц и п и а л ь н ы е и м о н т а ж н ы е.

На принципиальной схеме условными знаками изображают все детали радиотехнического устройства и порядок их соединения. «Читая» принципиальную схему, как географическую карту или чертеж какого-то механизма, легко разобраться в цепях и работе радиотехнического устройства. Но она не дает представления о размерах и размещении деталей.

Монтажная схема в отличие от принципиальной показывает, как расположены в конструкции детали и соединительные проводники. Собирая приемник, усилитель или любой другой радиоаппарат или прибор, радиолюбитель располагает детали и проводники примерно так, как на монтажной схеме. Но монтаж и проверка правильности всех соединений производится по принципиальной схеме.

Уметь читать радиосхемы совершенно обязательно для каждого, кто хочет стать радиолюбителем.

На рис. 45 ты видишь уже знакомые тебе детали и устройства и некоторые другие, с которыми придется иметь дело в дальнейшем. А рядом в кружках — их символические графические изображения на принципиальных схемах.

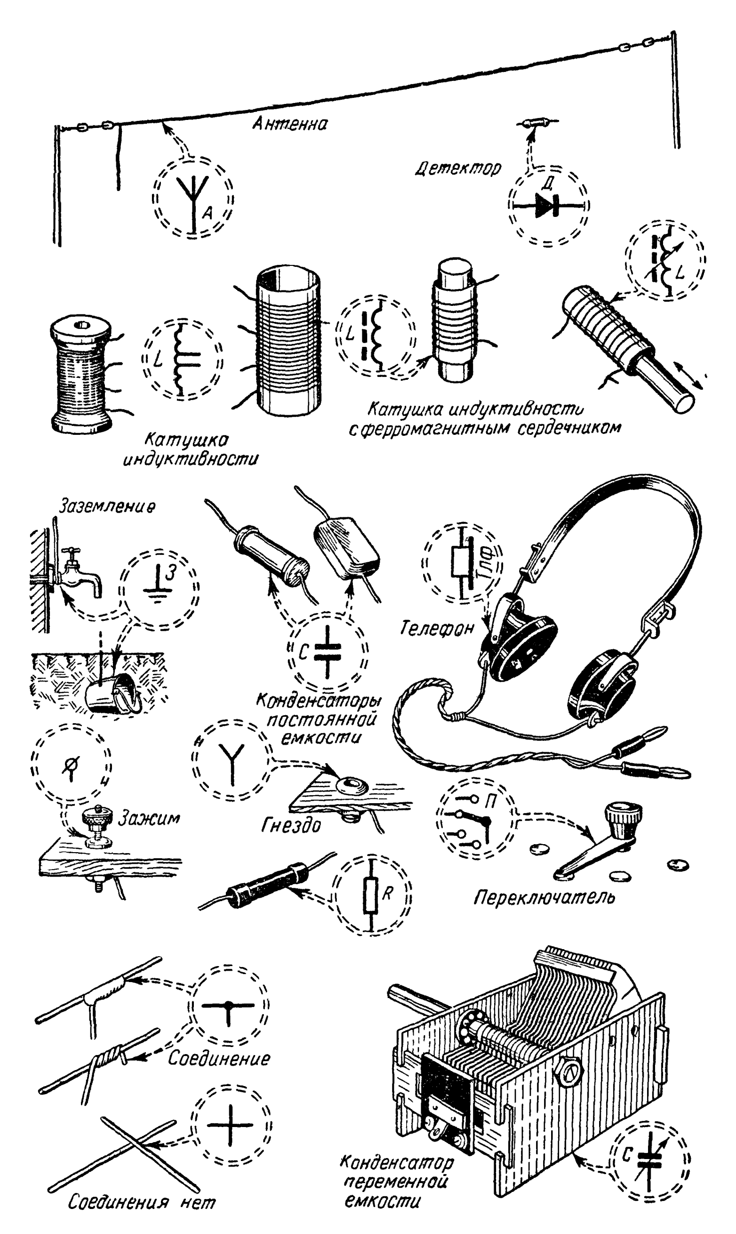


Рис. 45. Условные графические обозначения радиотехнических деталей и устройств на принципиальных схемах.

Условные обозначения в большинстве случаев до некоторой степени отображают конструкцию этих деталей и устройств. Например, любую катушку индуктивности без сердечника, которым может быть металлический или ферритовый стержень, независимо от ее конструкции и числа витков изображают на схеме в виде волнистой линии. Отводы катушек показывают черточками. Если катушка имеет неподвижный ферритовый сердечник, увеличивающий ее индуктивность, его обозначают жирной прерывистой линией вдоль всей катушки. Если таким сердечником настраивают контур приемника, как это было в опытном приемнике, его на схеме обозначают так же, но вместе с катушкой пересекают стрелкой.

Конденсаторы постоянной емкости изображают двумя короткими параллельными толстыми линиями, символизирующими две изолированные одна от другой пластины. Конденсаторы переменной емкости изображают так же, как и конденсаторы постоянной емкости, но пересеченными наискось стрелкой, что символизирует переменность емкости этого прибора.

На принципиальных схемах гнезда для включения телефона или других деталей обозначают значками в виде вилки, а зажимы кружками, пересеченными черточками.

Соединительные проводники всегда обозначают прямыми линиями. Если линии сходятся и в месте их пересечения стоит точка, значит, проводники соединены. Отсутствие точки в месте пересечения проводников говорит о том, что они не соединены.

На принципиальных схемах рядом с символическими обозначениями ставят буквы, присвоенные этим деталям или устройствам. Конденсаторам присвоена латинская буква *C*, резисторам (их раньше называли сопротивлениями) — латинская буква *R*, катушкам индуктивности — латинская буква *L*. Если на схеме несколько конденсаторов, катушек, резисторов или других деталей, то их нумеруют: рядом с буквой ставят цифру внизу, например C_1, C_2, L_1, L_2, R_1, R_2.

Очень часто на схемах не показывают антенну, заземление, телефоны, ограничиваясь только обозначениями зажимов или гнезд для их подключения. Тогда возле этих зажимов или гнезд ставят соответствующие буквы: *А*, *З*, *Тлф*.

Новой для тебя деталью, изображенной на рис. 45, является переключатель, обозначенный буквой *П*. Переключатель — устройство, упрощающее управление приемником, прибором. Вместо того чтобы при настройке приемника раскручивать и скручивать проводники, как ты это делал, проводя опыты с первым приемником, выводы и отводы катушки можно соединить с металлическими контактами, размещенными на панели приемника, и в дальнейшем переключение их производить простой перестановкой ползунка переключателя.

Зная условные обозначения деталей, можно все опытные приемники изобразить их принципиальными схемами, которыми ты можешь воспользоваться для постройки этих приемников.

Схема твоего приемника

Принципиальная схема, общий вид и монтажная схема одной из возможных конструкций твоего первого опытного приемника показаны на рис. 46. Напомним: во время опытов ты настраивал приемник переключением заземленного проводника. Поэтому в схему введен переключатель *П*.

Вспомним нашу «прогулку» по цепям приемника и совершим ее еще раз, но уже по принципиальной схеме. От начала катушки *Н* ты попадешь к детектору и через него — к телефону, далее через телефон по заземленному проводнику, переключатель *П* и витки катушки *L* — к исходной точке *Н*. Это — детекторная цепь. Для токов высокой частоты путь из антенны в землю идет через витки катушки и переключатель *П*. Это — антенный контур. Настройка контура приемника на частоту радиостанции осуществляется переключателем скачкообразным изменением числа витков, включаемых в контур.

Блокировочный конденсатор *С*, как видно из принципиальной схемы, включен параллельно телефону.

Кроме этих, знакомых тебе деталей, на схеме штриховыми линиями показан конденсатор C_a. Его в приемнике как детали нет. Но эта емкость присутствует — она образуется антенной и заземлением и вместе с ними как бы подключается к приемнику и входит в колебательный контур.

Если ты решил сделать такой приемник, то собирай его на фанерке размерами примерно 60 × 100 *мм*. Снизу по краям прибей бруски высотой по 10—15 *мм*, которые будут служить стойками. Сверху на панели будут находиться катушка, переключатель, гнезда для включения телефона, зажимы антенны и заземления, под панелью — детектор, блокировочный конденсатор и все соединения деталей.

Катушку приклей к панели. Отводы, начало и конец катушки пропусти через отверстия под панель, а их зачищенные концы соедини с контактами переключателя и зажимом антенны. Между антенным зажимом и гнездом телефона включи детектор. Куском монтажного провода соедини зажим

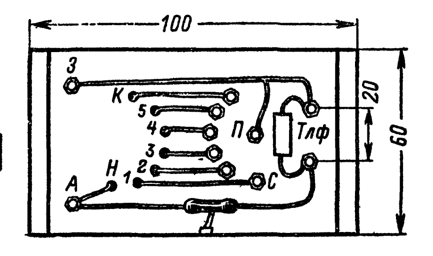


Рис. 46. Детекторный радиоприемник с секционированной катушкой индуктивности.

заземления и второе гнездо телефона. К нему припаяй проводник ползунка переключателя. Параллельно гнездам, предназначенным для включения телефона, припаяй блокировочный конденсатор *С*.

Приемник готов. Проверь прочность всех соединений и их правильность по принципиальной схеме, включи телефон, присоедини антенну и заземление и приступай к испытанию приемника

Может случиться, что наиболее длинноволновая радиостанция будет слышна слабо даже тогда, когда в контур включены все витки катушки. В этом случае между зажимами антенны и заземления придется включить дополнительный конденсатор постоянной емкости. Емкость его может быть в пределах от 100 до 270 *пф*. Вмонтируй в приемник конденсатор такой емкости, при котором будет хорошо слышна самая длинноволновая радиостанция.

Ты можешь внести изменения в конструкцию приемника. Если, например, захочешь сделать его в ящичке, катушку укрепи под панелью, со стороны монтажа. При этом панель будет служить крышкой ящичка.

При проведении второго опыта ты ввел в приемник конденсатор переменной емкости. При этом бóльшая часть отводов катушки оказалась ненужной. Преимущество такого приемника — плавная и более точная и простая, чем у предыдущего, настройка на волну радиостанции. Принципиальную схему та-

кого приемника ты видишь на рис. 47. Здесь же показана примерная монтажная схема, которой ты можешь воспользоваться, если решишь строить такой приемник.

Колебательный контур приемника состоит из катушки L, имеющей один отвод, конденсатора переменной емкости C_2 и антенного устройства. Включение в контур одной верхней секции катушки соответствует приему радиостанций средневолнового диапазона, а обеих секций, когда в контур включены все витки катушки, — приему радиостанций длинноволнового диапазона. Таким образом, в приемнике переход с одного диапазона на другой осуществляется переключателем *П*, а плавная настройка в каждом диапазоне — конденсатором переменной емкости C_2.

В цепь антенны можно включить конденсатор C_1 емкостью 62—100 *пф*. Подобным образом во время опытов ты включал в эту цепь сначала конденсатор постоянной емкости, а потом конденсатор переменной емкости. Зачем он нужен?

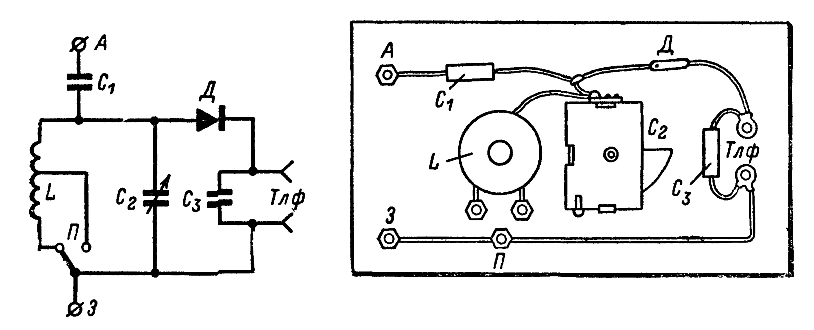


Рис. 47. Детекторный радиоприемник с настройкой конденсатором переменной емкости.

Мы уже говорили, что провод антенны и заземление образуют конденсатор, емкость которого независимо от нашего желания входит в контур приемника и, естественно, влияет на его настройку. Включая же в антенную цепь конденсатор сравнительно небольшой емкости, мы ослабляем влияние емкости антенного устройства на настройку приемника. Правда, громкость приема при этом немного ослабевает, зато приемник становится более избирательным — повышается его способность лучше отстраиваться от соседних по длине волны радиостанций. Чем меньше емкость антенного конденсатора, тем лучше избирательность приемника, тем острее настройка его.

Роль детектора может выполнять, как и в опытных приемниках, точечный диод любого типа. Емкость блокировочного конденсатора C_3 может быть в пределах от 2 200 до 6 800 *пф*.

Для приемника используй катушку, намотанную тобой на катушке из-под ниток. Ее средневолновой частью будут первые две (считая от начала) секции. Другие отводы катушки не используются. Наибольшая емкость конденсатора настройки C_2 должна быть примерно 500 *пф*. Его группу подвижных пластин соедини с заземленным проводником, а неподвижную — с антенным проводником. Конец оси подвижных пластин выступает с лицевой стороны панели. Насади на него ручку со стрелкой, а против стрелки наклей на панель бумажный полукруг с делениями — шкалу настройки.

Размеры панели, на которой будешь монтировать приемник, определи сам, исходя из габаритов имеющихся деталей. Эта панель будет одновременно служить крышкой ящичка приемника.

Последние опыты ты проводил с приемником, настраиваемым ферритовым стержнем. Он был однодиапазонным. Для приема станций другого диапазона ты заменял контурную катушку. Принципиальная схема и возможная конст-

рукция такого приемника показаны на рис. 48. Узнаешь? Разница между конструкциями того и этого приемника только в том, что там катушка лежала на столе и ты подключал ее выводами к зажимам антенны и заземления на детекторной приставке, здесь же она концами каркаса вклеена в отверстия такой же приставки. Настройка производится только ферритовым стержнем, на котором сделаны метки, соответствующие станциям, прием которых возможен на детекторный приемник. Вставь в приемник катушку того диапазона, радиостанции которого хорошо слышны в вашей местности.

В том случае, если в вашей местности хорошо слышны передачи всего лишь одной радиостанции, скажем, только местной, а передачи других слабо, ты можешь сделать более простой детекторный приемник — с фиксированной настройкой, например по схеме, показанной на рис. 49. Приемник, построенный по такой схеме, не имеет ручек настройки. Его колебательный контур один раз настраивают на частоту выбранной станции и он всегда готов для приема этой станции.

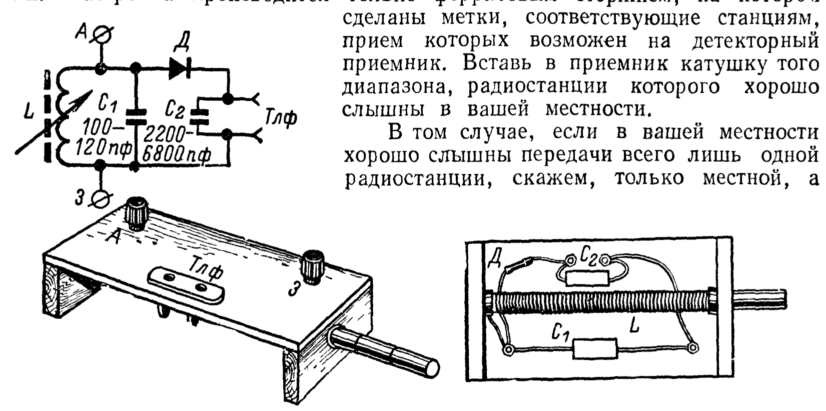


Рис. 48. Приемник с настройкой ферритовым стержнем.

Настроить контур на частоту станции можно двумя способами — подстроечным сердечником катушки или подбором емкости конденсатора. Подстроечный сердечник обозначают на схеме двумя короткими жирными черточками, пересекающимися молоточком. Если подбирают емкость контурного конденсатора, то рядом с его буквенным обозначением ставят звездочку как на рис. 49. Значит, подстраивать контур можно обоими способами или одним из них — тем, который удобнее.

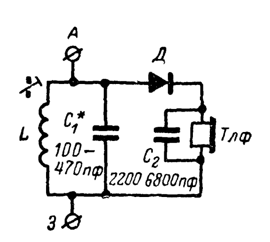


Рис. 49. Принципиальная схема детекторного приемника с фиксированной настройкой на одну радиостанцию.

Для приемника можно использовать уже имеющуюся у тебя катушку с ферритовым стержнем. В данном случае стержень будет именоваться подстроечным сердечником. Но, разумеется, можно намотать новую, более короткую катушку, а в качестве сердечника использовать кусок ферритового стержня по длине каркаса катушки. Сердечник будет укреплен на панели приемника неподвижно, а настраивать контур будешь перемещением катушки вдоль сердечника. Настроив таким способом контур, закрепи каркас катушки на сердечнике каплей клея.

Но можно поступить иначе: использовать катушку с отводами и подбором числа витков и емкости конденсатора настроить контур. Однако приемник с фиксированной настройкой первого варианта будет работать лучше второго. Объясняется это тем, что электрические свойства катушки с ферромагнитным сердечником выше катушки без сердечника. Что же касается конструкции приемника, то, полагаем, этот вопрос ты решишь сам. Пользуясь таким приемником, помни, что в его контур входят емкость и индуктивность антенны. Поэтому при подключении к нему другой антенны контур придется снова немного подстраивать.

Неисправности детекторного приемника

Детекторный приемник — наиболее простое радиотехническое устройство. Однако и в нем, как и в сложном приемнике, могут быть неполадки, которые надо уметь находить и устранять.

Меньше всего неисправностей бывает, как правило, в приемнике, детали которого укреплены прочно, монтаж выполнен аккуратно, а все соединения надежно пропаяны.

Но если все же приемник перестал работать или работает с перебоями, значит где-то обрыв, ненадежный или совсем плохой контакт, произошло замыкание. Надо прежде всего посмотреть, нет ли внешних повреждений в катушке, хорошо ли присоединены антенна и заземление, в порядке ли переключатель. Если внешних повреждений не обнаружено, проверь исправность антенны и заземления и их вводов, посмотри, не соприкасается ли провод антенны с каким-либо предметом, через который может быть утечка тока из антенны в землю помимо приемника.

Если внешних повреждений в приемнике, антенне и заземлении не обнаружено, значит где-то нарушился контакт в самом приемнике. Чаще всего плохие контакты появляются в переключателях из-за отвертывания гаек и винтов во время настройки, разбалтывания болтиков, плохой зачистки монтажного провода в местах соединений. При этом приемник вообще перестает работать или передачи принимаются со значительным треском. Проверь все эти детали и соединения, подтяни гайки, подрегулируй ползунок переключателя.

Неисправность может быть и в катушке, если она намотана не из целого куска провода и места соединения не пропаяны. Такие случаи бывают наиболее часто, если приемник находится в сыром месте: от сырости соединения окисляются, нарушаются электрические контакты.

Какие еще могут быть неисправности в приемнике?

Посмотри на схему своего приемника и ответь на такие вопросы. Будет ли работать приемник, если блокировочный конденсатор окажется «пробитым» (его пластины соединены)? Что произойдет, если соединяются проводники шнура телефона? Будет ли работать приемник, если случайно соединятся начало и конец контурной катушки или надломятся ее отводы?

Задай себе еще ряд подобных вопросов и ответь на них. Тогда тебе будет легче отыскивать неисправности в приемнике и устранять их.

В четырнадцатой беседе ты узнаешь о пробниках и приборах, с помощью которых облегчается оценка качества деталей, контактов, соединений. Ими тоже можно воспользоваться для отыскания неисправностей в детекторном приемнике.

***

В этой беседе я затронул главным образом только практическую сторону построения простейших радиоприемников, научил тебя читать их схемы. Но я почти ничего не сказал о самом важном — о сущности работы колебательного контура, детектора, телефонов и приемника в целом, о тех явлениях и преобразованиях, которые происходят в его цепях. Об этом я расскажу в следующей беседе.

○

Как работает радиоприемник

Разновидностей схем и конструкций радиоприемников очень много. Однако, сколько б их ни было, в каждом из них можно выделить три элемента: колебательный контур, детектор и телефон или громкоговоритель. Конструкции этих элементов могут быть разными, но выполняют они одни и те же функции: колебательный контур выделяет из множества высокочастотных модулированных колебаний, уловленных антенной, колебания какой-то одной станции; детектор преобразует их в колебания низкой (звуковой) частоты, которые телефоном или громкоговорителем (если сигнал достаточно сильный) преобразуются в звуковые колебания. Именно только из этих трех элементов и слагается детекторный радиоприемник.

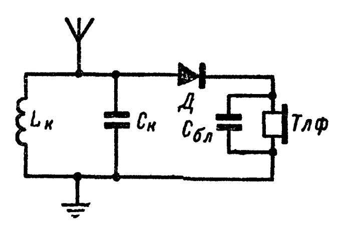


Рис. 50. Схема простейшего детекторного радиоприемника.

Разновидностей конструкций детекторных приемников тоже может быть много. В зависимости от габаритов деталей, от задуманного внешнего вида приемника каждая конструкция будет иметь некоторые свои особенности, но принципиальные схемы приемников мало чем будут отличаться одна от другой. И если условия радиоприема одинаковы, все эти приемники будут работать почти одинаково.

Рассмотри внимательно схемы приемников, о которых я говорил во время предыдущей беседы. Чем они отличаются одна от другой? Только левыми участками, т. е. схемами колебательных контуров, что диктуется разными способами настройки их на волны радиостанций. Что же касается правых участков схем, то они совершенно одинаковы. Вот почему я во время опытов предложил тебе смонтировать эту часть приемника на маленькой панели. И если не учитывать *возможных вариантов настройки и конструкций катушек контуров, то схема детекторного* приемника примет вид, показанный на рис. 50. Левую часть схемы, куда входят антенна, заземление, катушка $L_к$ и конденсатор $C_к$, можно рассматривать как источник высокочастотных электрических колебаний, питающих цепочку из детектора и телефона, в которой высокочастотные колебания преобразуются в колебания низкой частоты, а низкочастотные — в звук.

Из скольких элементов, не считая антенного устройства, состоит этот приемник? Если не учитывать блокировочного конденсатора, без которого приемник работает, в чем ты уже убедился, то из трех: колебательного контура $L_к$ $C_к$, детектора *Д* и телефона *Тлф*. Именно такие элементы в том или ином виде и обязательны для любого приемника.

Как они работают?

Колебательный контур

Тебе, вероятно, приходилось наблюдать такое явление: когда звонит электрический звонок, в его прерывателе появляются искры. В момент выключения электрической лампочки в выключателе тоже иногда видна искра. Когда случайно соединяются полюсы батарейки карманного фонарика (чего нужно избегать), в момент разъединения их между ними также проскакивает маленькая искра.

На электростанциях, на заводах, где разрывают рубильниками электрические цепи, по которым текут очень большие токи, искры могут быть столь значительными, что приходится принимать меры, чтобы они не причинили вреда человеку, включающему ток. Почему же возникают эти искры?

Тебе известно, что вокруг проводника с током существует магнитное поле, которое можно изобразить в виде замкнутых силовых линий, пронизывающих окружающее его пространство (рис. 51). Обнаружить это поле, если оно постоянное, можно, например, с помощью магнитной стрелки компаса.

Если разорвать проводник с током, то его исчезающее магнитное поле, рассеиваясь в пространстве, индуцирует (наводит, возбуждает) токи в других проводниках. Ток индуцируется и в том проводнике, который создал это магнитное поле. А так как этот проводник находится в самой гуще своих же магнитных силовых линий, в нем будет индуцироваться более сильный ток, чем в любом другом проводнике. Направление этого тока будет таким же, каким оно было в момент разрыва проводника. Иначе говоря, исчезающее магнитное поле будет поддерживать создавший его ток до тех пор, пока оно само не исчезнет, т. е. полностью не израсходуется содержащаяся в нем энергия.

Таким образом, ток в проводнике течет и после того, как выключен источник тока, но, разумеется, недолго — ничтожно малую долю секунды.

Но ведь в разомкнутой цепи движение электронов невозможно, — возразишь ты. Да, это так. Но после размыкания цепи электрический ток может некоторое время течь через воздушный промежуток между разъединенными концами проводника, между контактами выключателя или рубильника. Вот этот ток через воздух и образует электрическую искру.

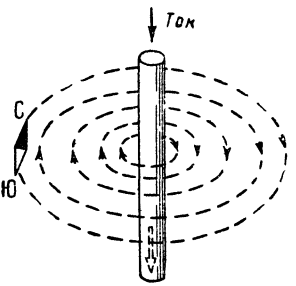


Рис. 51. Магнитные силовые линии вокруг проводника с током.

Это явление называют **самоиндукцией**, а электрическую силу (не путай с индукцией, о которой мы говорили в первой беседе), которая под действием исчезающего магнитного поля создает поток электронов в проводнике, поддерживая в нем ток, называют **электродвижущей силой самоиндукции** или, сокращенно, э. д. с. самоиндукции. Ток, который при этом создается в проводнике, называют током самоиндукции. Чем больше э. д. с. самоиндукции, тем длиннее может быть искра в месте разрыва электрической цепи.

Явление самоиндукции наблюдается не только при выключении, но и при включении тока. В пространстве, окружающем проводник, магнитное поле возникает сразу при включении тока. Вначале оно слабее, но затем очень быстро усиливается. Усиливающееся магнитное поле тока тоже возбуждает ток самоиндукции, но он направлен навстречу основному току. Ток самоиндукции мешает мгновенному увеличению основного тока и росту магнитного поля. Однако через короткий промежуток времени основной ток в проводнике преодолевает встречный ток самоиндукции и достигает наибольшего значения, магнитное поле становится неизменным и действие самоиндукции прекращается.

Явление самоиндукции можно сравнивать с явлением инерции. Санки обычно трудно сдвинуть с места. Но когда они наберут скорость, запасутся кинетической энергией — энергией движения, их невозможно остановить мгновенно. После торможения они продолжают скользить до тех пор, пока запасенная ими энергия движения не израсходуется на преодоление трения о снег.

Все ли проводники обладают одинаковой самоиндукцией? Нет! Чем длиннее проводник, тем значительнее самоиндукция.

В проводнике, свернутом в катушку, явление самоиндукции сказывается сильнее, чем в прямолинейном проводнике, так как магнитное поле каждого витка катушки наводит ток не только в этом витке, но и в соседних витках этой катушки. Чем больше длина провода в катушке, тем дольше будет существовать в нем ток самоиндукции после выключения основного тока. И, наоборот, потре-

буется больше времени после включения основного тока, чтобы ток в цепи возрос до определенной величины и установилось постоянное по силе магнитное поле.

Увеличение самоиндукции проводника при свертывании его в катушку можно объяснить еще следующим образом. Вокруг каждого витка создаются магнитные силовые линии, направленные в одну сторону (рис. 52). Силовые линии отдельных витков образуют единое магнитное поле, охватывающее всю катушку. Следовательно, магнитное поле катушки будет всегда сильнее, чем поле прямолинейного проводника. Поэтому и явление самоиндукции в катушке сказывается сильнее, чем в прямом проводнике.

Запомни: свойство проводников влиять на ток при изменении его величины в электрической цепи называют индуктивностью, а катушки, в которых наиболее сильно проявляется это свойство, — катушками самоиндукции или индуктивности. Чем больше число витков и размеры катушки, тем больше ее индуктивность, тем значительнее влияние ее на ток в электрической цепи, в которую она включена.

Итак, катушка индуктивности препятствует как нарастанию, так и убыванию тока в электрической цепи. Если она находится в цепи постоянного тока, влияние ее сказывается только при включении и выключении тока. В цепи же переменного тока, где беспрерывно изменяются ток и его магнитное поле, э. д. с. самоиндукции катушки действует все время, пока течет ток. Это электрическое явление и используется в первом элементе колебательного контура приемника — катушке индуктивности.

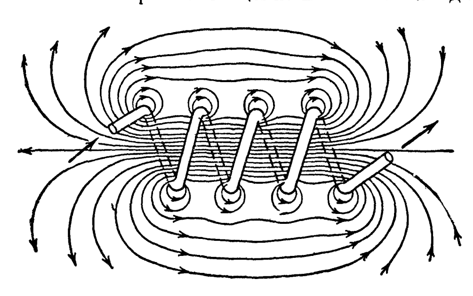


Рис. 52. Магнитное поле вокруг проводника с током, свернутого в катушку.

Вторым элементом колебательного контура приемника является «накопитель» электрических зарядов — конденсатор.

Простейший конденсатор представляет собой два проводника электрического тока, например две металлические пластинки, именуемые обкладками конденсатора, разделенные непроводником электрического тока — *диэлектриком*. Чем больше площадь обкладок конденсатора и чем ближе они расположены друг к другу, тем больше электрическая емкость этого прибора.

Если к обкладкам конденсатора присоединить источник постоянного тока (рис. 53, *а*), то в образовавшейся цепи возникнет кратковременный ток и конденсатор зарядится до напряжения, равного напряжению источника тока.

Почему же в этой цепи возникает ток, если в ней имеется диэлектрик?

Когда мы присоединяем к конденсатору источник постоянного тока, свободные электроны в проводниках образовавшейся цепи начинают двигаться в сторону положительного полюса источника тока, образуя кратковременный поток электронов во всей цепи В результате обкладка конденсатора, которая соединена с положительным полюсом источника тока, обедняется свободными электронами и заряжается положительно, а другая обогащается свободными электронами и, следовательно, заряжается отрицательно. Как только конденсатор зарядится, кратковременный ток в цепи, именуемый током заряда конденсатора, прекратится.

Если отключить источник тока от конденсатора, то конденсатор окажется заряженным (рис. 53, *б*). Переходу избыточных электронов с одной обкладки на другую препятствует диэлектрик конденсатора. Между обкладками конденсатора тока не будет, а накопленная им электрическая энергия будет сосредоточена *в электрическом поле диэлектрика* конденсатора.

Если обкладки заряженного конденсатора соединить проводником (рис. 53, *в*), «излишние» электроны отрицательно заряженной обкладки мгновенно перейдут по этому проводнику на другую обкладку, где их недостает, и конденсатор разрядится. В этом случае в образовавшейся цепи также возникает кратковременный ток, называемый *током разряда конденсатора*. Если

емкость конденсатора большая и он заряжен до значительного напряжения, момент разряда сопровождается появлением значительной искры и треска.

Свойство конденсатора накапливать электрические заряды и разряжаться через подключенные к нему проводники используется в колебательном контуре.

А теперь, юный друг, вспомни обыкновенные качели. На них можно раскачиваться так, что «дух захватывает». Для этого надо сначала подтолкнуть качели,

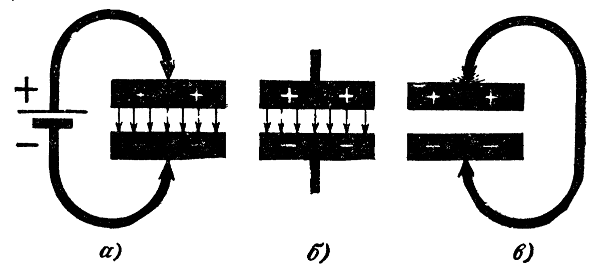


Рис. 53. Заряд и разряд конденсатора.

чтобы вывести их из положения покоя, а затем прикладывать некоторую силу, но обязательно только в такт с их колебаниями. Без особого труда можно добиться сильных размахов качелей — получить большие амплитуды их колебаний. Даже маленький мальчик может раскачать на качелях взрослого человека, если будет прикладывать свою силу умеючи.

Раскачав качели посильнее, чтобы добиться больших амплитуд колебаний, перестанем подталкивать их. Что произойдет дальше? За счет запасенной энергии они некоторое время свободно качаются, амплитуда их колебаний постепенно убывает, как говорят, колебания затухают, и, наконец, качели останавливаются.

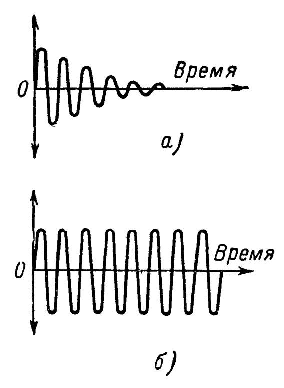
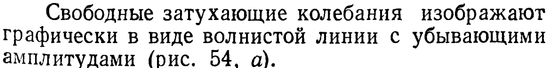


Рис. 54. Графическое изображение колебаний.

а — затухающих; *б* — незатухающих.

При свободных колебаниях качелей, так же как свободно подвешенного маятника, запасенная — потенциальная — энергия переходит в кинетическую — энергию движения, которая в крайней верхней точке вновь переходит в потенциальную, а через долю секунды — опять в кинетическую. И так до тех пор, пока не израсходуется весь запас энергии на преодоление трения веревок в местах подвеса качелей и сопротивления воздуха. При сколь угодно большом запасе энергии свободные колебания всегда являются затухающими: с каждым колебанием их амплитуда уменьшается, и колебания постепенно совсем затухают — наступает покой. Но период (отрезок времени, в течение которого происходит одно колебание), а значит, и частота колебаний остаются постоянными.



Свободные затухающие колебания изображают графически в виде волнистой линии с убывающими амплитудами (рис. 54, *а*).

Но если качели все время подталкивать в такт с их колебаниями и тем самым пополнять потери энергии, расходуемой на преодоление различных тормозящих сил, колебания станут незатухающими (рис. 54, *б*). Это уже не свободные, а вынужденные колебания. Они будут длиться до тех пор, пока не перестанет действовать внешняя подталкивающая сила.

Я говорю тебе о качелях потому, что физические явления, происходящие в этой механической колебательной системе, очень схожи с явлениями в электрическом колебательном контуре.

Простейший колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. Это так называемый замкнутый колебательный контур. Чтобы в нем возникли электрические колебания, ему надо сообщить энергию, которая «подтолкнула» бы электроны. Это можно сделать, зарядив, например, конденсатор.

Разорвем временно колебательный контур и подключим к обкладкам его конденсатора источник постоянного тока, как показано на рис. 55 вверху. Конденсатор зарядится до напряжения батареи. Затем отключим батарею от конденсатора, а контур замкнем. Явления, которые теперь будут происходить в контуре, изображены графически на рис. 55 внизу.

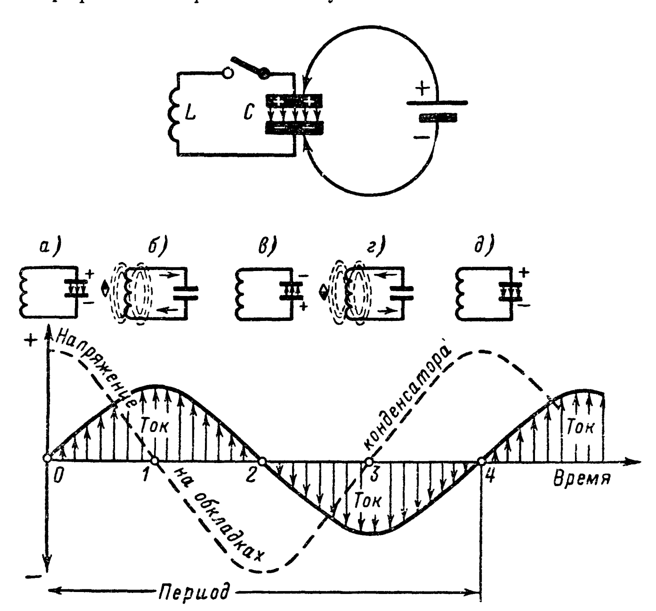


Рис. 55. Электрические колебания в контуре.

В момент замыкания контура верхняя обкладка конденсатора имела положительный заряд, а нижняя — отрицательный (рис. 53, *а*). В этот момент, отмеченный на графике точкой *0*, тока в контуре нет, а вся энергия, накопленная конденсатором, сосредоточена в электрическом поле между его обкладками. Но конденсатор замкнут на катушку, через которую он начнет разряжаться. В катушке появится ток, а вокруг ее витков — магнитное поле. К моменту полного разряда конденсатора (рис. 55, *б*), отмеченному на графике точкой *1*, когда напряжение на его обкладках упадет до нуля, ток в катушке и энергия магнитного поля достигнут наибольших значений. Казалось бы, что в этот момент ток в контуре должен был прекратиться. Этого, однако, не произойдет, так как от действия э. д. с. самоиндукции, стремящейся поддержать ток, движение электронов в контуре будет продолжаться. Но только до тех пор, пока не израсходуется вся энергия магнитного поля. В катушке в это время будет течь убывающий по величине, но первоначального направления индуцированный ток.

К моменту времени, отмеченному на графике цифрой *2*, когда энергия магнитного поля израсходуется, конденсатор вновь окажется заряженным, только теперь на его нижней обкладке положительный заряд, а на верхней — отрицательный (рис. 55, *в*). Теперь электроны начнут обратное движение — в направлении от верхней обкладки через катушку к нижней обкладке конденсатора. К моменту *3* (рис. 55, *г*) конденсатор разрядится, а магнитное поле катушки достигнет наиболь-

шего значения. И опять э. д. с. самоиндукции «погонит» по проводу катушки электроны, перезаряжая тем самым конденсатор.

В момент времени *4* (рис. 55, *д*) будет такое же состояние электронов в контуре, какое было в первоначальный момент *0*. Закончилось одно полное колебание. Естественно, что заряженный конденсатор вновь будет разряжаться на катушку, перезаряжаться и произойдут второе, за ним третье, четвертое и т. д. колебания. Другими словами, в контуре возникнет переменный электрический ток, электрические колебания.

Но этот колебательный процесс в контуре не бесконечен. Он продолжается до тех пор, пока вся энергия, полученная конденсатором от батареи, не израсходуется на преодоление сопротивления провода катушки контура. Такие колебания в контуре являются свободными и, следовательно, затухающими (рис. 54, *а*).

Какова частота этих колебаний электронов в контуре?

Чтобы полнее разобраться в этом вопросе, советуем провести такой опыт с простейшим маятником. Подвесь на нитке длиной 100 *см* шарик, слепленный из пластилина, или иной груз весом в 20—40 *г* (на рис. 56 длина маятника обозначена латинской буквой *l*). Выведи маятник из положения равновесия и, пользуясь часами с секундной стрелкой, сосчитай, сколько полных колебаний он делает за минуту. Примерно 30. Следовательно, частота колебаний этого маятника равна 0,5 *гц*, а период — 2 *сек*. За период потенциальная энергия маятника дважды переходит в кинетическую, а кинетическая в потенциальную.

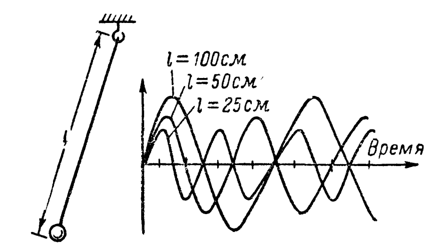


Рис. 56. Графики колебаний простейшего маятника.

Укороти нить наполовину. Частота маятника увеличится в полтора раза и во столько же уменьшится период колебаний.

Вывод: с уменьшением длины маятника частота его собственных колебаний увеличивается, а период пропорционально уменьшается.

Изменяя длину подвески маятника, добейся, чтобы его частота колебаний была 1 *гц*. Это должно быть при длине нитки около 25 *см*. В этом случае период колебаний маятника будет равен 1 *сек*. Какой бы ты ни пытался создать первоначальный размах маятника, частота его колебаний будет неизменной. Но стоит только укоротить или удлинить нитку, как частота колебаний сразу изменится. При одной и той же длине нитки всегда будет одна и та же частота колебаний. Это собственная частота колебаний маятника. Получить заданную частоту колебаний можно путем подбора длины нитки.

Колебания нитяного маятника являются затухающими. Они могут стать незатухающими только в том случае, если маятник в такт с его колебаниями слегка подталкивать, компенсируя таким образом ту энергию, которую он затрачивает на преодоление сопротивления, оказываемого ему воздухом, трения, земного притяжения.

Электрический колебательный контур тоже обладает собственной частотой. Эта его собственная частота колебаний зависит, во-первых, от индуктивности катушки. Чем больше число витков и диаметр катушки, тем больше ее индуктивность, тем больше будет продолжительность периода каждого колебания. Собственная частота колебаний в контуре будет соответственно меньше. И, наоборот, с уменьшением индуктивности катушки сократится период колебаний — возрастет собственная частота колебаний в контуре.

Частота колебаний в контуре зависит, во-вторых, от емкости конденсатора. Чем больше емкость, тем бо́льший заряд может накопить конденсатор, тем больше потребуется времени для его перезарядки, а это уменьшит частоту колебаний в контуре. С уменьшением емкости конденсатора частота контура возрастает.

Таким образом, собственную частоту затухающих колебаний в контуре можно регулировать путем изменения индуктивности катушки или емкости конденсатора.

Однако в электрическом контуре, как и в механической колебательной системе, можно получить и незатухающие — вынужденные — колебания, если при каждом колебании пополнять контур дополнительными порциями электрической энергии от какого-либо источника переменного тока.

Каким же образом в контуре приемника возбуждаются и поддерживаются незатухающие электрические колебания? Током высокой частоты, поступающим в контур из антенны. Этот ток сообщает контуру первоначальный заряд, он же и поддерживает ритмичные колебания электронов в контуре.

Наиболее сильные незатухающие колебания в контуре приемника возникают только в момент р е з о н а н с а собственной частоты контура с частотой тока, поступающего из антенны.

Как это понимать?

Рассказывают, будто в Петербурге от шедших в ногу солдат обвалился Египетский мост. А могло это случиться, видимо, при таких обстоятельствах. Все солдаты ритмично шагали по мосту. Мост от этого стал раскачиваться — колебаться. По случайному стечению обстоятельств собственная частота колебаний моста совпала с частотой шага солдат, как говорят, мост попал в резонанс. Ритм строя сообщал мосту все новые и новые порции энергии. В результате мост настолько раскачался, что обрушился: слаженность воинского строя нанесла вред мосту. Если бы резонанса собственной частоты колебаний моста с частотой шага солдат не было, с мостом ничего бы не случилось. Поэтому, между прочим, при прохождении солдат по слабым мостам принято подавать команду «сбить ногу».

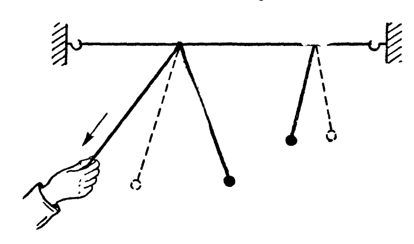


Рис. 57. Опыт, иллюстрирующий явление резонанса.

Подойди к какому-нибудь струнному музыкальному инструменту и громко крикни «а»: какая-то из струн отзовется — зазвучит. Та из них, которая окажется в резонансе с частотой этого звука, будет колебаться сильнее остальных струн — она-то и отзовется на звук.

А вот еще опыт — с нитяными маятниками. Натяни горизонтально нетолстую веревку. Привяжи к ней тот же маятник из нитки и пластилина (рис. 57). Перекинь через веревку еще один такой же маятник, но с более длинной ниткой. Длину подвески этого маятника можно изменять, подтягивая рукой свободный конец нитки. Приведи этот маятник в колебательное движение. При этом первый маятник тоже станет колебаться, но с меньшей амплитудой. Не останавливая колебаний второго маятника, постепенно уменьшай длину его подвески — амплитуда колебаний первого маятника будет увеличиваться.

В этом опыте, иллюстрирующем резонанс колебаний, первый маятник является приемником механических колебаний, возбуждаемых вторым маятником. Причиной, вынуждающей первый маятник колебаться, являются периодические колебания растяжки с частотой, равной частоте колебаний второго маятника. Вынужденные колебания первого маятника будут иметь максимальную амплитуду лишь тогда, когда его собственная частота совпадает с частотой колебаний второго маятника.

Подобные явления, только, разумеется, электрического «происхождения», наблюдаются и в колебательном контуре приемника. От действия волн многих радиостанций в приемной антенне возбуждаются токи самых различных частот. Нам же из всех этих частот надо выбрать только частоту той радиостанции, передачи которой мы хотим слушать. Для этого следует так подобрать число витков катушки и конденсатор колебательного контура, чтобы его собственная частота совпадала с частотой тока, создаваемого в антенне волнами интересующей нас станции. В этом случае в контуре возбудятся наиболее сильные колеба-

ния с частотой сигналов той радиостанции, на волну которой он настроен. Это и есть настройка контура приемника в резонанс с частотой передающей станции. При этом сигналы других станций совсем слышны не будут или будут прослушиваться очень слабо, так как возбуждаемые ими колебания в контуре будут очень слабыми.

Таким образом, настраивая контур своего приемника в резонанс с частотой радиостанции, ты как бы отбирал, выделял колебания частоты только этой станции. Чем лучше контур будет выделять нужные колебания из антенны, тем выше будет избирательность приемника, тем слабее будут помехи со стороны других радиостанций.

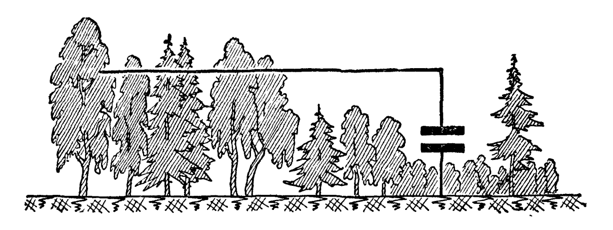


Рис. 58. Антенна и заземление — открытый колебательный контур.

До сих пор мы говорили о замкнутом колебательном контуре, собственная частота которого определяется индуктивностью катушки и емкостью конденсатора. Однако в контур любого из детекторных приемников, рекомендованных в предыдущей беседе, входят еще антенна и заземление. Это уже не замкнутый, а открытый колебательный контур.

Дело в том, что провод антенны и Земля являются «обкладками» конденсатора (рис. 58), обладающего некоторой электрической емкостью. В зависимости от длины провода и высоты антенны над землей эта емкость может быть до нескольких сотен пикофарад. Но ведь антенну и землю можно еще рассматривать и как неполный виток большой катушки. Стало быть, антенна и заземление одновременно обладают и индуктивностью. А емкость совместно с индуктивностью образуют колебательный контур.

Такой контур, являющийся открытым колебательным контуром, тоже обладает собственной частотой колебаний. Включая между антенной и землей катушки индуктивности и конденсаторы, мы можем изменять его собственную частоту, настраивать его в резонанс с частотами разных радиостанций. Как это делается на практике, ты уже знаешь.

Перехожу ко второму элементу приемника — детектору.

Детектор и детектирование

Прежде всего — как устроен этот прибор.

Внешний вид одного из таких приборов и его устройство (в сильно увеличенном виде) показаны на рис. 59. Это полупроводниковый точечный диод типа Д9. Буква «Д» в его маркировке означает «диод», а цифра «9» — порядковый заводской номер конструкции. Такой прибор или ему подобный, например Д2, тебе уже знаком — я рекомендовал его использовать в детекторном приемнике. В нем два электрода: тонкая и очень маленькая (площадью около 1 *мм*²) пластинка из полупроводника германия или кремния и вольфрамовая проволочка, упирающаяся острым концом в пластинку полупроводника. Поэтому его и называют диодом, что значит двухэлектродный. Пластинка полупроводника является отрицательным (—) электродом диода, вольфрамовая проволочка — положи-

тельным (+) электродом. Они припаяны к посеребренным проволочкам длиной 50 *мм*, являющимся выводами диода. Вся эта конструкция находится внутри стеклянной, затемненной изнутри трубочки диаметром около 3 и длиной меньше 10 *мм*, запаянной с концов. Красная точка указывает положительный электрод прибора.

В твоем распоряжении могут оказаться устаревшие ныне точечные диоды типа ДГ-Ц. Устроены они так же, как диоды Д2 и Д9, но запрессованы в керамические трубочки и, разумеется, могут быть использованы в приемнике, если, конечно, они исправны.

Какой «секрет» таят в себе эти приборы?

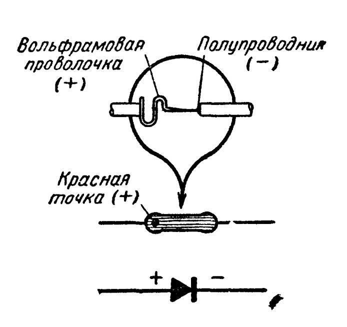


Рис. 59. Точечный полупроводниковый диод.

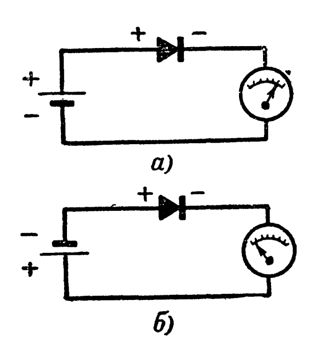


Рис. 60. Диод обладает односторонней проводимостью тока.

В пластинке полупроводника, в том месте, где к ней прикасается острие вольфрамовой проволочки, создают так называемый з а п о р н ы й с л о й, обладающий интересным свойством. Если к прибору подключить источник постоянного тока, например гальванический элемент, но так, чтобы его отрицательный полюс соединялся с пластинкой полупроводника, а положительный — с вольфрамовой проволочкой, то через запорный слой свободно пойдет ток, о чем может свидетельствовать включенный в цепь электроизмерительный прибор (рис. 60, *а*). Если же полюсы элемента поменять местами, то через запорный слой, а значит, во всей электрической цепи пойдет очень слабый ток (рис. 60, *б*). Диод, следовательно, обладает односторонней проводимостью тока: он хорошо пропускает ток одного направления и плохо пропускает ток другого направления.

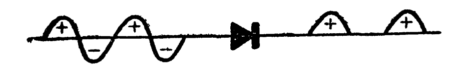


Рис. 61. Детектор преобразует переменный ток в ток пульсирующий.

Подробно о свойствах запорного слоя диода я расскажу тебе в шестой беседе. Сейчас же для простоты объяснения принципа детектирования будем считать, что ток обратного направления диод вообще не пропускает, запорный слой становится как бы изолятором, непроводником тока. А если через диод пропускать переменный ток? В этом случае действие диода станет напоминать функцию, которую выполняет ниппель камеры велосипеда: диод будет пропускать через себя положительные полуволны переменного тока и не пропускать отрицательные полуволны (рис. 61). Диод как бы отрежет отрицательные полуволны. Переменный ток превратится в пульсирующий — ток одного направления, но изменяющийся по величине. Этот преобразовательный процесс, называемый в ы п р я м л е н и е м п е р е м е н н о г о т о к а, и лежит в основе детектирования.

Графики, показанные на рис. 62, иллюстрируют явления, которые происходят в детекторной цепи приемника.

Вспомни: под действием радиоволн в контуре приемника возбуждаются высокочастотные модулированные колебания (рис. 62, *а*). К контуру подключена цепь из детектора и телефонов. Для этой цепи колебательный контур является источником переменного тока высокой частоты. Поскольку детектор пропускает ток только одного направления, высокочастотные колебания, поступающие в его цепь, будут им выпрямлены (рис. 62, *б*), или, говоря иначе, продетектированы. Если провести пунктирную линию, огибающую вершины амплитуд этого тока, то получится «рисунок» тока низкой частоты, которым модулирован ток в антенне радиостанции во время передачи.

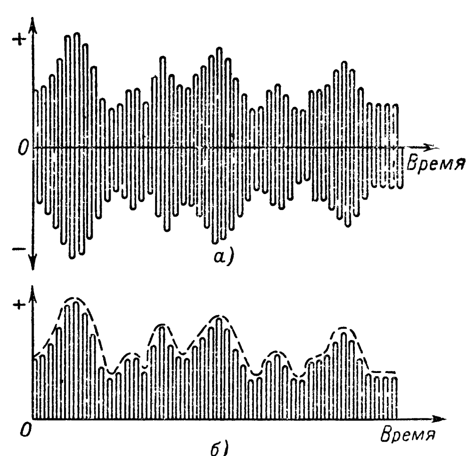


Рис. 62. Графики, иллюстрирующие детектирование модулированных колебаний высокой частоты.

Точечные полупроводниковые диоды используют в качестве детекторов не только в детекторных, но и транзисторных и ламповых радиоприемниках. Однако в тех приемниках роль детектора может выполнять также транзистор или электронная лампа.

Ток, получившийся в результате детектирования, состоит из высокочастотных импульсов, амплитуды которых изменяются со звуковой частотой. Его можно рассматривать как суммарный ток и разложить на две составляющие: высокочастотную и низкочастотную. Их называют соответственно высокочастотной и низкочастотной составляющими пульсирующего тока. Низкочастотная составляющая, образуемая высокочастотными импульсами, пойдет через телефоны, где она будет преобразована в звук.

Головной телефон

Головной телефон — третье, последнее звено детекторного приемника, которое, образно выражаясь, «выдает готовую продукцию» — звук. Это один из старейших электротехнических приборов, почти без изменения сохранивший свои основные черты до наших дней.

Для детекторных приемников используют головные телефоны типа ТОН-1. Это два последовательно соединенных телефона, прикрепленных к оголовью — металлической дуге.

Отвернем крышку одного из телефонов (рис. 63). Под нею находится мембрана — круглая жестяная пластинка. Сняв осторожно мембрану, мы увидим две катушки, насаженные на выступающие из дна корпуса пластинки, являющиеся полюсными наконечниками постоянного магнита. Катушки соединены последовательно, а крайние выводы их припаяны к стерженькам, впрессованным в дно корпуса. С наружной стороны к стерженькам при помощи зажимных винтов подключен шнур с однополюсными штепсельными вилками.

Магнит телефона не виден, потому что он впрессован в дно корпуса. Чтобы ты имел представление о том, как выглядит магнит, мы показываем его на рис. 63 слева. Это небольшой кусочек специального магнитного сплава, к которому приварены стальные пластинки — полюсные наконечники.

Как работает телефон? Мембрана, создающая звук, находится возле полюсных наконечников магнита и опирается на бортики корпуса (рис. 64). Под дей-

ствием поля магнита она немного прогибается в середине, но не прикасается к полюсным наконечникам магнита (на рис. 64 — сплошная линия). Когда через катушки телефона течет ток, он создает вокруг катушки магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. Сила этого единого магнитного поля, а значит, и сила притяжения мембраны к полюсным наконечникам, зависит от направления тока в катушках. При одном направлении тока, когда направления магнитных силовых линий катушек и магнита совпадают и их поля скла-

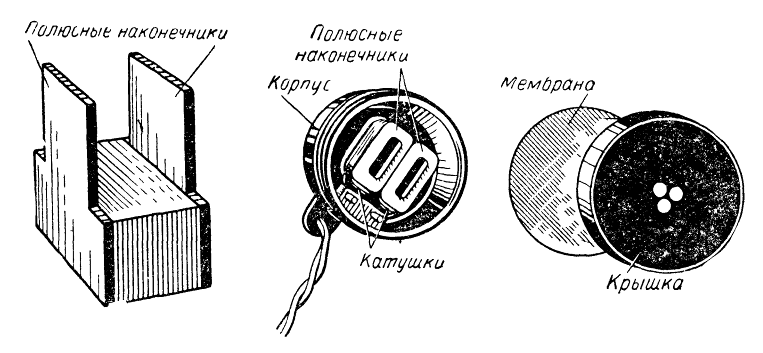


Рис. 63. Устройство электромагнитного телефона.

дываются, мембрана сильнее притягивается к полюсам магнита (на рис. 64 — нижняя штриховая линия). При другом направлении тока силовые линии катушек и магнита направлены встречно и общее поле становится слабее, чем поле магнита. В этом случае мембрана слабее притягивается полюсными наконечниками и, выпрямляясь, несколько удаляется от них (на рис. 64 — верхняя штриховая линия).

Если через катушки телефона пропускать переменный ток низкой частоты, суммарное магнитное поле станет то усиливаться, то ослабляться, а мембрана будет то приближаться к полюсным наконечникам магнита, то отходить от них, т. е. колебаться с частотой тока. Колеблясь, мембрана создаст в окружающем пространстве звуковые волны.

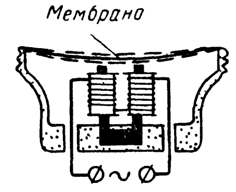


Рис. 64. Колебания мембраны электромагнитного телефона.

С первого взгляда может показаться, что постоянный магнит в телефоне не нужен: катушки можно надеть на железную ненамагниченную подковку. Но это не так. И вот почему. Железная подковка, намагничиваемая только током в катушках, будет притягивать мембрану независимо от того, идет ли ток через катушки в одном направлении или другом. Значит, за один период переменного тока мембрана притянется во время первого полупериода, отойдет от него и еще раз притянется во время второго полупериода, т. е. за один период переменного тока (рис. 65,*а*) она сделает два колебания (рис. 65,*б*). Если, например, частота тока 500 *гц*, то мембрана телефона за секунду сделает 500·2 = 1 000 колебаний и тон звука исказится — будет вдвое выше нормального. Вряд ли нас устроит такой телефон.

С постоянным же магнитом дело обстоит иначе: при одном полупериоде происходит усиление магнитного поля — уже притянутая мембрана прогнется еще больше; при другом полупериоде поле ослабевает и мембрана, выпрямляясь, отходит дальше от полюсов магнита. Таким образом, при наличии постоянного магнита мембрана за один период переменного тока делает только одно колебание (рис. 65, *в*) и телефон не искажает звук. Постоянный магнит, кроме того, повышает громкость звучания телефона.

Зачем параллельно телефону подключают блокировочный конденсатор? Какова его роль?

Емкость блокировочного конденсатора такова, что через него свободно проходят токи высокой частоты, а токам низкой частоты он оказывает значительное сопротивление. Телефон, наоборот, беспрепятственно пропускает токи низкой частоты и оказывает большое сопротивление токам высокой частоты. На этом участке детекторной цепи высокочастотный пульсирующий ток разделяется (на рис. 66 — в точке *а*) на составляющие, которые идут: высокочастотная составляющая — через блокировочный конденсатор, а низкочастотная — через телефон. Затем составляющие соединяются (на рис. 66 — в точке *б*) и далее опять идут вместе.

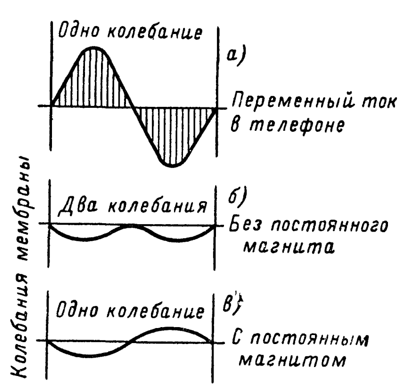


Рис. 65. Телефон с постоянным магнитом дает неискаженное воспроизведение звука. При отсутствии постоянного магнита мембрана колебалась бы с удвоенной частотой.

Назначение блокировочного конденсатора можно объяснить так. Телефон из-за инертности мембраны не может отзываться на каждый высокочастотный импульс тока в детекторной цепи. А если бы мембрана и могла колебаться с высокой частотой, мы все равно ничего бы не услышали — наше ухо не реагирует на высокочастотные колебания. Значит, чтобы телефон работал, надо как-то «сгладить» высокочастотные импульсы, «заполнить» провалы между ними. Эта задача и решается с помощью блокировочного конденсатора следующим образом. Отдельные высокочастотные импульсы заряжают конденсатор. В моменты между импульсами конденсатор разряжается через телефон, заполняя таким образом «провалы» между импульсами. В результате через телефон идет ток одного направления, но изменяющийся по величине со звуковой частотой, который и преобразуется телефоном в звук.

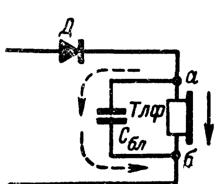


Рис. 66. В точке *а* детекторной цепи составляющие высокочастотного пульсирующего тока разделяются, а в точке *б* соединяются.

О роли блокировочного конденсатора можно еще сказать так: он фильтрует низкочастотную составляющую выпрямленного диодом тока, т. е. очищает его от импульсов высокочастотной составляющей.

Почему же детекторный приемник работал во время самого первого опыта, когда блокировочного конденсатора не было? Тогда его компенсировала емкость, сосредоточенная между проводами шнура и витками катушек телефона. Но эта емкость значительно меньше емкости специально подключаемого блокировочного конденсатора. В этом случае ток через детектор получается меньшим, чем при наличии блокировочного конденсатора, и передача слышна слабее. Это особенно заметно при приеме отдаленных станций.

Качество телефона оценивают главным образом с точки зрения его чувствительности — способности реагировать на слабые колебания электрического тока. Чем слабее колебания, на которые отзывается телефон, тем выше его чувствительность.

Чувствительность телефона зависит от числа витков в его катушках и качества магнита. Два телефона с совершенно одинаковыми магнитами, но с катушками, содержащими неодинаковое число витков, будут различными по чувствительности. Лучшей чувствительностью будет обладать тот из них, в котором использованы катушки с бо́льшим числом витков.

На чувствительность телефона сильно влияет также положение мембраны относительно полюсных наконечников магнита. Наилучшая чувствительность его будет в том случае, когда мембрана находится очень близко к полюсным наконечникам, но, вибрируя, не прикасается к ним.

Телефоны принято подразделять на высокоомные — с большим числом витков в катушках и низкоомные — с относительно небольшим числом витков. Для детекторных приемников пригодны только высокоомные телефоны, так как они обладают более высокой чувствительностью.

Катушки каждого телефона ТОН-1 намотаны эмалированным проводом толщиной 0,06 *мм* и имеют по 4 000 витков. Их сопротивление постоянному току около 2 200 *ом*. Это число, характеризующее телефоны, выштамповано на их корпусах. Поскольку два телефона соединены последовательно, их общее сопротивление равно 4 400 *ом*.

Как проверить исправность и чувствительность головных телефонов? Прижми их к ушам. Смочи слюной контактные ножки на конце шнура, а затем коснись ими друг друга — в телефонах должен быть слышен слабый щелчок. Чем сильнее этот щелчок, тем чувствительнее телефоны. Щелчки получаются потому, что смоченный контакт между металлическими ножками представляет собой очень слабый источник тока.

Более грубую проверку телефонов делают при помощи батарейки для карманного электрического фонарика. При подключении телефонов к батарейке и отключении от нее слышны резкие щелчки. Если щелчков нет, значит, где-то в катушках или шнуре имеется обрыв или плохой контакт — телефон неисправен.

Детекторный приемник без катушки

В предыдущей беседе предлагалось провести такой опыт: между антенной и заземлением включить детектор, а параллельно детектору подключить телефоны, как на схеме на рис. 67.

Не знаю, удалось ли тебе с помощью такого приемника услышать сигналы радиостанций. Но в принципе он работоспособен, потому что содержит все элементы детекторного приемника. Да, все!

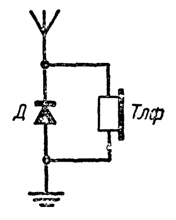


Рис. 67. Детекторный приемник без катушки индуктивности.

Колебательный контур такого приемника образуют индуктивность и емкость антенны и заземления. Это, как тебе известно, открытый колебательный контур. И если его собственная частота будет равна или близка к частоте местной или мощной радиовещательной станции, в нем возникнут высокочастотные колебания этой станции.

Для модулированных колебаний из антенны в землю два пути: через детектор или телефоны. В зависимости от того, как включен детектор, он будет пропускать в землю только отрицательные полуволны высокочастотных колебаний и задерживать положительные или, наоборот, пропускать положительные полуволны и оказывать сопротивление отрицательным. Те же полуволны, которые детектор не пропускает, пойдут в землю параллельным путем через телефоны, которые преобразуют их в звук. Конечный результат тот же, что и в приемниках с катушками.

Главный недостаток этого наипростейшего приемника — чрезвычайно низкая избирательность. Объясняется это тем, что собственная частота его колебательного контура определяется только индуктивностью и емкостью антенного устройства. Если в цепь антенны включить конденсатор переменной емкости, чтобы изменять собственную частоту такого контура, избирательность приемника несколько улучшится, но диапазон волн, на которые можно будет настраивать приемник, останется очень небольшим. Тем не менее, этот приемник представляет определенный интерес. Поэтому советую тебе вернуться к этому приемнику и поэкспериментировать с ним часок-другой.

Громкоговорящий радиоприемник

Мощность электрических колебаний, возбуждающихся в контуре, очень мала. Ее достаточно бывает только для работы такого чувствительного прибора, каким является электромагнитный телефон. Лишь в исключительных случаях, когда радиостанция находится неподалеку от места приема, на выходе детекторного приемника может работать громкоговоритель. В обычных же условиях громкоговорящий прием может быть осуществлен только при условии усиления сигналов радиостанции. Для усиления используют транзисторы и электронные лампы.

Различают усилители высокой частоты (УВЧ) и усилители низкой частоты (УНЧ). Как говорит само наименование, первые из них применяют для усиления колебаний высокой частоты, т. е. до того, как они будут продетектированы, а вторые — для усиления колебаний низкой частоты, т. е. после детектора. Если между колебательным контуром и детектором включить усилитель высокой частоты, а после детектора — усилитель низкой частоты, тогда выходным элементом приемника может быть громкоговоритель

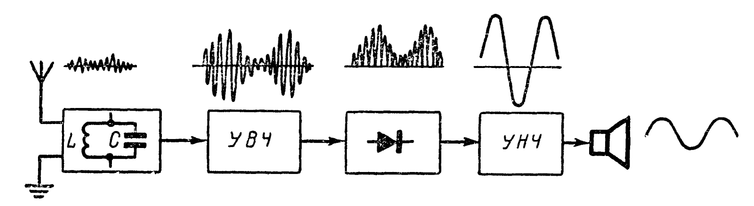


Рис. 68. Блок-схема радиоприемника, обеспечивающего громкоговорящий прием.

Блок-схема такого приемника показана на рис. 68. Функции колебательного контура, детектора и громкоговорителя в этом приемнике такие же, как и функции аналогичных им элементов детекторного приемника. Только здесь после детектора действуют более мощные колебания низкой частоты, которые к тому же усиливаются дополнительно усилителем низкой частоты. Получился радиоаппарат, обеспечивающий громкоговорящий прием, в том числе отдаленных вещательных станций. Чувствительность такого приемника во много раз выше чувствительности детекторного приемника.

В приемнике по блок-схеме на рис. 68 происходит только одно преобразование частоты — детектирование. До детектора стоит усилитель высокой частоты, а за детектором — усилитель низкой частоты. Приемники, в которых происходит только одно преобразование частоты, называют приемниками прямого усиления Блок-схемы таких радиоприемников характеризуют формулой, в которой детектор обозначают латинской буквой *V*, число каскадов усиления высокой частоты указывают цифрой, стоящей перед буквой *V*, а число каскадов усиления низкой частоты — цифрой, стоящей после этой буквы. Приемник по рис. 68 имеет схему 1-V-1. Это значит, что в нем, кроме детектора, есть один каскад усиления высокой частоты и один каскад усиления низкой частоты.

В более простых транзисторных или ламповых приемниках может не быть усилителя высокой или усилителя низкой частоты А в более сложных... Впрочем, не будем забегать вперед. Разговор об этом еще будет.

○

БЕСЕДА ПЯТАЯ

Экскурсия в электротехнику

Рассказывая в предыдущих беседах о сущности радиопередачи и работе приемника, я обходился лишь поверхностным объяснением тех или иных электрических явлений, прибегая к аналогиям, примерам Да и приемник-то, который ты монтировал, состоял всего из нескольких деталей.

Дальнейшее знакомство с радиотехникой, монтаж более сложных радиотехнических приборов и устройств потребуют более широких знаний электротехники и некоторых законов ее, умения производить хотя бы простые расчеты электрической цепи. Кроме того, тебе придется иметь дело с новыми, пока что незнакомыми деталями и приборами, устройство и принцип работы которых надо знать. Поэтому я предлагаю тебе совершить своеобразную «экскурсию» в электротехнику.

Электрический ток и его оценка

До сих пор, желая охарактеризовать величину электрического тока, я говорил «малый ток», «большой ток». На первых порах такая оценка тока как-то устраивала тебя, но она совершенно непригодна для характеристики тока с точки зрения работы, которую он может выполнять.

Когда мы говорим о работе тока, под этим подразумеваем, что его энергия преобразуется в какой-либо иной вид энергии: тепло, свет, химическую или механическую энергию. Чем больше поток электронов, тем значительнее величина тока и его работа. Вместо «величины тока» часто говорят «сила тока» или просто «ток». Таким образом, слово «ток» имеет два значения. Оно обозначает само явление движения электронов в проводнике, а также служит оценкой к о л и ч е с т в а э л е к т р и ч е с т в а, проходящего по проводнику.

Величину (или силу) тока оценивают числом электронов, проходящих по проводнику в течение 1 *сек*. Число это огромно. Через нить накала горящей лампочки электрического карманного фонарика, например, ежесекундно проходит около 2 000 000 000 000 000 000 электронов. Вполне понятно, что характеризовать величину тока количеством электронов неудобно, так как пришлось бы иметь дело с очень большими числами.

За единицу электрического тока принят а м п е р (сокращенно пишут *а*). Так ее назвали в честь французского физика и математика Андре Мари Ампера (1775—1836), изучавшего законы механического взаимодействия проводников с током и другие электрические явления. Ток 1 *а* — это ток, при котором через поперечное сечение проводника за 1 *сек* проходит 6 250 000 000 000 000 000 электронов.

В математических выражениях ток обозначают латинской буквой I или i (читается «и»). Например, пишут: $I = 2$ *а*, или $i = 0{,}5$ *а*.

Наряду с ампером применяют более мелкие единицы тока: м и л л и а м п е р (пишут *ма*), равный 0,001 *а*, и м и к р о а м п е р (пишут *мка*), равный 0,000001 *а*, или 0,001 *ма*. Следовательно, 1 *а* равен 1 000 *ма*, или 1 000 000 *мка*.

Приборы, служащие для измерения этих токов, называют соответственно а м п е р м е т р а м и, м и л л и а м п е р м е т р а м и, м и к р о а м п е р м е т р а м и. Их включают в электрическую цепь последовательно с потребителем тока, т. е. в разрыв внешней цепи (рис. 69). Измерительный прибор рассчи-

тан на величину тока не больше некоторой предельной для данного прибора. Прибор нельзя включать в цепь, где ток превышает эту величину, иначе он испортится.

У тебя может возникнуть вопрос: как оценить переменный ток, величина которого непрерывно изменяется? Величину переменного тока обычно оценивают

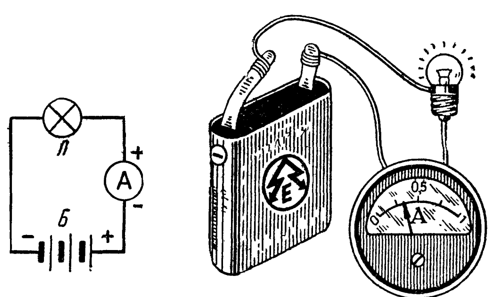


Рис. 69. Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр) включают в электрическую цепь последовательно с потребителем тока.

по так называемому д е й с т в у ю щ е м у его значению. Это такое значение тока, которое соответствует постоянному току некоторой величины, производящему такую же работу. Действующее значение переменного тока составляет примерно 0,7 его амплитудного, т. е. максимального значения.

Электрическое сопротивление

Говоря о проводниках, мы имеем в виду вещества, материалы, и прежде всего металлы, относительно хорошо проводящие ток. Однако не все вещества, называемые проводниками, одинаково хорошо проводят электрический ток, т. е. они, как говорят, обладают неодинаковой проводимостью тока. Объясняется это тем, что при своем движении свободные электроны сталкиваются с атомами и молекулами вещества, причем в одних веществах атомы и молекулы сильнее мешают движению электронов, а в других — меньше. Говоря иными словами, одни вещества оказывают большее сопротивление электрическому току, а другие — меньшее. Из всех материалов, широко применяемых в электротехнике и радиотехнике, наименьшее сопротивление электрическому току оказывает медь. Поэтому-то электрические провода и делают чаще всего из меди. Еще меньшее сопротивление имеет серебро, но это дорогой металл. За медью по сопротивлению следует алюминий. Железо и разные металлические сплавы обладают еще бóльшим сопротивлением (худшей проводимостью).

Сопротивление проводника зависит не только от свойств его материала, но и от размеров самого проводника. Толстый проводник обладает меньшим сопротивлением, чем тонкий из такого же материала; короткий проводник имеет меньшее сопротивление, длинный — большее, так же как широкая и короткая труба оказывает меньшее препятствие движению воды, чем тонкая и длинная. Кроме того, сопротивление проводника зависит от его температуры: чем ниже температура проводника, тем меньше его сопротивление.

За единицу электрического сопротивления принят ом (пишут *ом*) — по имени немецкого физика Георга Симона Ома (1787—1854), 1 *ом* — это сопротивление, которое оказывает току ртутный столбик высотой 106,3 *см* и сечением 1 *мм*^{2} при температуре 0° С. Это так называемый эталон сопротивления.

В радиотехнике, однако, чаще приходится иметь дело с большими сопротивлениями: сопротивление телефона, например, больше 2 000 *ом*; сопротивление

детектора, включенного в не пропускающем ток направлении, несколько сотен тысяч ом. Знаешь, какое сопротивление оказывает твое тело электрическому току? Не меньше 20 000 *ом*. А сопротивления резисторов — специальных деталей, о которых я буду еще говорить в этой беседе, могут быть до нескольких миллионов ом и больше. Эти детали на схемах обозначают в виде прямоугольников (см. рис. 45).

В математических формулах сопротивления обозначают латинской буквой *R* или *r* (читается «эр»). Букву *R* ставят и возле графических обозначений резисторов на схемах.

Для выражения больших сопротивлений резисторов используют более крупные единицы: килоом (сокращенно пишут *ком*), равный 1 000 *ом* и мегом (сокращенно пишут *Мом*), равный 1 000 000 *ом*, или 1 000 *ком*.

Сопротивления проводников, электрических цепей, резисторов или других деталей измеряют специальными приборами, именуемыми омметрами.

Электрическое напряжение

За единицу электрического напряжения, или разности потенциалов, а также электродвижущей силы (э. д. с.) принят вольт (в честь итальянского физика А. Вольта). Напряжение обозначают латинской буквой *U* или *u* (читается «у»), а единицу напряжения — вольт — буквой *в*. Например, пишут: $U = 3{,}7$ *в*; $u = 220$ *в*.

Единица вольт характеризует разность электрических зарядов на концах проводника, детали или полюсах источника тока. Напряжение 1 *в* — это такая разность потенциалов, которая в проводнике сопротивлением 1 *ом* создает ток, равный 1 *а*.

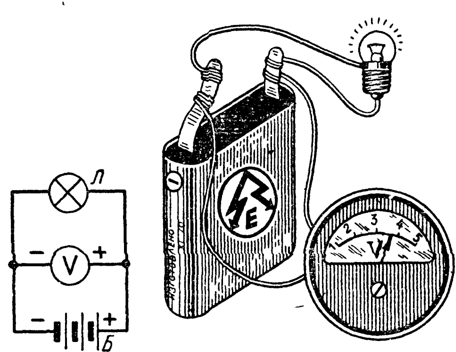


Рис. 70. Вольтметр подключают параллельно нагрузке.

Батарейка для карманного электрического фонарика, как ты уже знаешь, состоит из трех элементов, соединенных последовательно. На этикетке батарейки можно прочитать, что ее напряжение 3,7 *в*. Значит, напряжение каждого из элементов батарейки немногим больше 1,2 *в*. Напряжение электроосветительной сети может быть 127 или 220 *в*.

Напряжение измеряют вольтметром, подключая прибор одноименными зажимами к полюсам источника тока или параллельно участку цепи, резистору или другой нагрузке, на которой необходимо измерить действующее на ней напряжение (рис. 70).

Для оценки напряжения применяют и более крупную единицу — киловольт (пишут *кв*), соответствующую 1 000 *в*, а также более мелкие единицы — милливольт (пишут *мв*), равную 0,001 *в*, и микровольт (пишут *мкв*), равную 0,001 *мв*. Эти напряжения измеряют соответственно киловольтметрами, милливольтметрами и микровольтметрами. Такие приборы, как и вольтметры, подключают паралельно источникам тока или участкам цепей, на которых надо измерить напряжение.

Выясним теперь, в чем разница понятий «напряжение» и «электродвижущая сила».

Электродвижущей силой называют напряжение, которое действует между полюсами источника тока, пока к нему не подключена внешняя цепь — нагрузка, например электрическая лампочка. Как только будет подключена внешняя цепь

и в ней возникнет ток, напряжение между полюсами источника тока станет меньше. Это — рабочее напряжение.

Новый, не бывший еще в употреблении гальванический элемент дает э. д. с. около 1,5 *в*. При подключении к нему нагрузки напряжение на его полюсах становится равным примерно 1,2—1,3 *в*. Это — рабочее напряжение. По мере расходования энергии элемента на питание внешней цепи его напряжение постепенно падает. Элемент считается негодным для дальнейшего применения, когда напряжение снижается до 0,7 *в*, хотя, если отключить внешнюю цепь, его э. д. с. будет больше этого напряжения.

Еще пример. Начальная э. д. с. батареи КБС-Л-0,5 (батарейка для карманного электрического фонаря) равна 4,5 *в*. Сразу же после подключения к ней лампочки она дает напряжение около 4,5 *в* и постепенно уменьшается до напряжения 3,7 *в*. По мере разряда батареи ее напряжение постепенно падает до 2—2,5 *в*. Но если разряженную батарею отключить, ее э. д. с. может оказаться больше 3,7 *в*. Тем не менее эту батарею надо заменить новой, так как она разрядилась.

Заметим, что когда говорят о переменном напряжении, например, о напряжении электроосветительной сети, имеют в виду его действующее значение, составляющее примерно, как и действующее значение переменного тока, 0,7 амплитудного значения напряжения.

Закон Ома

Простейшая электрическая цепь, показанная на рис. 71, состоит из трех элементов: источника напряжения U, потребителя тока — нагрузки R, которой может быть, например, нить накала электрической лампы или резистор, и проводников, соединяющих источник напряжения с нагрузкой. Между прочим, если эту цепь дополнить выключателем, то получится полная схема карманного электрического фонаря.

Нагрузка R, обладающая определенным сопротивлением, является участком цепи. Величина тока на этом участке цепи зависит от действующего на нем напряжения и его сопротивления: чем больше напряжение и меньше сопротивление, тем больший ток будет идти по этому участку цепи. Эта зависимость тока от напряжения и сопротивления выражается следующей формулой:

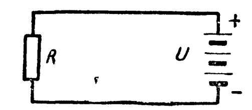


Рис. 71. Простейшая электрическая цепь.

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — ток, выраженный в амперах (*а*); U — напряжение в вольтах (*в*); R — сопротивление в омах (*ом*).

Читается это математическое выражение так: ток в участке цепи прямо пропорционален напряжению на нем и обратно пропорционален его сопротивлению. Это основной закон электротехники, именуемый законом Ома (по фамилии Ома) для участка электрической цепи.

Закон Ома можно записать еще так:

$$U = IR \quad \text{или} \quad R = U/I.$$

Используя закон Ома, можно по двум известным величинам узнать неизвестную третью.

Вот несколько примеров практического применения закона Ома.

Первый пример. На участке цепи, обладающем сопротивлением 5 *ом*, действует напряжение 25 *в*. Надо узнать величину тока на этом участке цепи.

Решение:

$$I = U/R = 25/5 = 5 \ a.$$

Второй пример. На участке цепи действует напряжение 120 *в*, создавая ток, равный 20 *ма*. Каково сопротивление этого участка цепи?

Прежде всего величину тока 20 *ма* нужно выразить в амперах — 0,02 *а*. Тогда

$$R = U/I = 120/0{,}02 = 6\,000 \text{ ом}, \quad \text{или} \quad 6 \text{ ком}.$$

Третий пример. Через участок цепи сопротивлением 10 *ком* течет ток величиной 20 *ма*. Каково напряжение, действующее на этом участке цепи?

Здесь, как и в предыдущем примере, ток должен быть выражен в амперах (20 *ма* = 0,02 *а*), а сопротивление — в омах (10 *ком* = 10 000 *ом*). Следовательно,

$$U = IR = 0{,}02 \cdot 10\,000 = 200 \text{ в}.$$

Посмотри на цоколь лампочки плоского карманного фонаря. На нем выштамповано: 0,28 *а* × 3,5 *в*. Это означает, что лампочка будет нормально светиться при токе 0,28 *а*, который обусловливается напряжением 3,5 *в*. Пользуясь законом Ома, нетрудно подсчитать, что накаленная нить лампочки имеет сопротивление

$$R = U/I = 3{,}5/0{,}28 = 12{,}5 \text{ ом}.$$

Заметим, что сопротивление остывшей нити лампочки меньше, чем накаленной.

Закон Ома справедлив не только для участка, но и для всей электрической цепи. В этом случае в значение R подставляется суммарное сопротивление всех элементов цепи, в том числе и внутреннее сопротивление источника тока. Однако при простейших расчетах цепей часто пренебрегают сопротивлением соединительных проводников и внутренним сопротивлением источника тока.

В связи с этим приведем еще один пример. Напряжение электроосветительной сети 220 *в*. Какой ток потечет в цепи, если нагрузка имеет сопротивление 1 000 *ом*?

Решение: $I = U/R = 220/1\,000 = 0{,}22$ *а*. Примерно такой ток потребляет электрический паяльник, рассчитанный на напряжение сети 220 *в*.

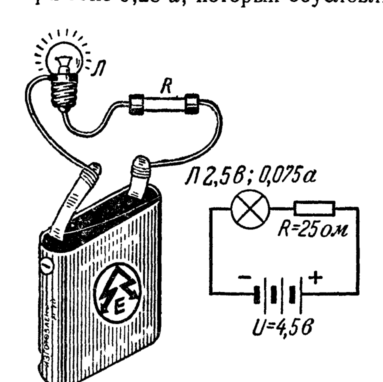


Рис. 72. Добавочный резистор, включенный в цепь, ограничивает ток в этой цепи.

Всеми этими формулами можно пользоваться и для расчета цепей переменного тока, если в них нет катушек индуктивности и конденсаторов.

Теперь затронем такой вопрос: как влияет на ток резистор, включаемый в цепь последовательно с нагрузкой или параллельно ей?

Разберем такой пример. У нас имеется лампочка от круглого электрического фонаря, рассчитанная на напряжение 2,5 *в* и ток 0,075 *а*. Можно ли питать эту лампочку от батареи КБС-Л-0,50, начальное напряжение которой 4,5 *в*?

Нетрудно подсчитать, что накаленная нить этой лампочки имеет сопротивление немногим больше 30 *ом*. Если же питать ее от свежей батареи КБС-Л-0,05, то через нить лампочки, по закону Ома, пройдет ток, почти вдвое превышающий тот ток, на который она рассчитана. Такой перегрузки нить не выдержит, она перекалится и разрушится. Но эту лампочку все же можно питать от батареи КБС-Л-0,50, если включить последовательно в цепь добавочный резистор сопротивлением порядка 25 *ом*, как это показано на рис. 72.

В этом случае общее сопротивление внешней цепи будет равно примерно 55 *ом*, т. е. 30 *ом* — сопротивление нити лампочки *Л* плюс 25 *ом* — сопротивление добавочного резистора. В цепи, следовательно, потечет ток, равный примерно 0,08 *а*, т. е. почти такой же, на какой рассчитана нить накала лампочки. Эту лампочку можно питать от батареи и с более высоким напряжением и даже от электроосветительной сети, если подобрать резистор соответствующего сопротивления.

В нашем примере добавочный резистор ограничил ток в цепи до нужного нам значения. Чем больше будет его сопротивление, тем меньше будет и ток в

цепи. В данном случае в цепь было включено последовательно два сопротивления: сопротивление нити лампочки и сопротивление резистора. А при последовательном соединении сопротивлений ток одинаков во всех точках цепи. Можно включать амперметр в любую точку цепи, и всюду он будет показывать одну величину. Это явление можно сравнить с потоком воды в реке. Русло реки на различных участках может быть широким или узким, глубоким или мелким. Однако за определенный промежуток времени через любой участок русла реки всегда проходит одинаковое количество воды.

Добавочный резистор, включаемый в цепь последовательно с нагрузкой (как, например, на рис. 72), можно рассматривать как резистор, «гасящий» часть напряжения, действующего в цепи. Напряжение, которое гасится добавочным резистором, или, как говорят, падает на нем, будет тем бо́льшим, чем больше сопротивление этого резистора. Зная величину тока и сопротивление добавочного резистора, падение напряжения на нем легко подсчитать по знакомой тебе формуле

$$U = IR,$$

где U — падение напряжения, *в*; I — ток в цепи, *а*; R — сопротивление добавочного резистора, *ом*.

Применительно к нашему примеру резистор R (рис. 72) погасил избыток напряжения:

$$U = IR = 0{,}08 \cdot 25 = 2 \ \text{в}.$$

Остальное напряжение батареи, равное приблизительно 2,5 *в*, падало на нити лампочки.

Необходимое сопротивление резистора можно найти по другой знакомой тебе формуле, вытекающей из закона Ома:

$$R = U/I,$$

где R — искомое сопротивление добавочного резистора, *ом*; U — напряжение, которое необходимо погасить, *в*; I — ток в цепи, *а*. Для нашего примера (рис. 72) сопротивление добавочного резистора равно:

$$R = U/I = 2/0{,}075 \approx 26 \ \text{ом}.$$

Изменяя сопротивление добавочного резистора, можно уменьшить или увеличить напряжение, которое падает на нем, и таким образом регулировать ток в цепи.

Добавочный резистор может быть переменным, как, например, на рис. 73. В этом случае с помощью движка резистора имеется возможность плавно изменять напряжение, подводимое к нагрузке, а значит, плавно регулировать ток, протекающий через эту нагрузку. Включенный таким образом переменный резистор называют **реостатом**. С помощью реостатов регулируют токи в цепях приемников и усилителей. Во многих кинотеатрах реостаты используют для плавного гашения света в зрительном зале.

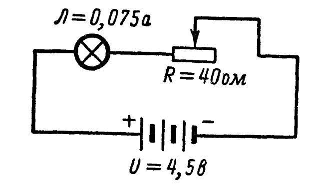


Рис. 73. Регулирование тока в цепи с помощью реостата.

Но есть и другой способ подключения нагрузки к источнику тока с избыточным напряжением — то же с помощью переменного резистора, но включенного **потенциометром**, т. е. делителем напряжения. Такое включение резистора показано на рис. 74. Здесь R_1 — потенциометр, а R_2 — нагрузка, которой может быть та же лампочка для карманного фонарика или какой-то другой прибор.

На потенциометре R_1 происходит падение напряжения источника тока, которое частично или полностью может быть подано к нагрузке R_2. Когда ползунок потенциометра перемещен в крайнее нижнее (по схеме) положение, к нагрузке напряжение вообще подаваться не будет (если это лампочка, она гореть не будет).

По мере передвижения ползунка потенциометра вверх мы будем подавать все большее и большее напряжение к нагрузке R_2 (если это лампочка, ее нить будет сильнее накаливаться) Когда ползунок потенциометра окажется в крайнем верхнем положении, к нагрузке R_2 будет подано все напряжение источника тока (если R_2 — лампочка для карманного фонаря, а напряжение источника тока большое, нить лампочки перегорит) Можно опытным путем найти такое положение ползунка потенциометра, при котором к нагрузке будет подано необходимое ей напряжение

Рис. 74. Регулирование напряжения на нагрузке R_2 цепи с помощью потенциометра.

Потенциометры широко используют для регулирования громкости в приемчиках и усилителях

Резистор может быть непосредственно подключен параллельно нагрузке В таком случае ток на этом участке цепи разветвляется и идет двумя параллельными путями: через добавочный резистор и основную нагрузку. Наибольший ток будет в ветви с наименьшим сопротивлением. Сумма же токов обеих ветвей будет равна току, расходуемому на питание всей внешней цепи.

К параллельному соединению прибегают в тех случаях, когда надо ограничить величину тока не во всей цепи, как при последовательном включении добавочного резистора, а только в каком-то участке ее Добавочные резисторы подключают, например, параллельно миллиамперметрам или микроамперметрам, чтобы ими можно было измерять большие токи. Такие резисторы называют шунтирующими резисторами или ш у н т а м и. Слово шунт означает «ответвление».

Индуктивное сопротивление

В цепи переменного тока на величину тока влияет не только сопротивление проводника, включенного в цепь, но и его индуктивность. Поэтому в цепях переменного тока различают так называемое о м и ч е с к о е или а к т и в н о е с о п р о т и в л е н и е, определяемое свойствами материала проводника, и и н д у к т и в н о е с о п р о т и в л е н и е, определяемое индуктивностью проводника

Прямой проводник обладает сравнительно небольшой индуктивностью. Но если этот проводник свернуть в катушку, его индуктивность увеличится. При этом увеличится и сопротивление, оказываемое им переменному току, — ток в цепи уменьшится.

Запомни: сопротивление катушки индуктивности переменному току возрастает с увеличением ее индуктивности и частоты проходящего по ней тока. Это свойство катушки используется в различных цепях приемников, когда требуется ограничить величину тока высокой частоты или выделить колебания высокой частоты, в выпрямителях переменного тока и во многих других случаях, с которыми тебе еще придется столкнуться на практике

Единицей индуктивности является г е н р и (*гн*) Индуктивностью 1 *гн* обладает такая катушка, у которой при изменении тока на 1 *а* в течение 1 *сек* развивается э. д с. самоиндукции, равная 1 *в*. Этой единицей пользуются для определения индуктивности катушек, которые включаются в цепи токов низкой частоты. Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах, измеряют в тысячных долях генри, называемых м и л л и г е н р и (*мгн*), или еще в тысячу раз меньшей единицей — м и к р о г е н р и (*мкгн*)

Мощность и работа тока

На нагрев нити накала электрической или электронной лампы, электропаяльника, электроплитки или иного прибора затрачивается некоторое количество электроэнергии Эта энергия, отдаваемая источником тока (или получаемая от него нагрузкой) в течение 1 *сек*, называется мощностью тока За единицу мощности тока принят в а т т (*вт*) Ватт — это мощность, которую развивает постоянный ток

1 *а* при напряжении 1 *в*. В формулах мощность тока обозначают латинской буквой P (читается «пэ»). Электрическую мощность в ваттах узнают умножением напряжения в вольтах на ток в амперах, т. е. $P = UI$.

Если, например, источник постоянного тока с напряжением 2 *в* создает в цепи ток 1 *а*, то мощность тока

$$P = UI = 2 \cdot 1 = 2 \text{ вт}.$$

Пользуясь этой формулой, можно, например, подсчитать мощность, потребляемую лампочкой плоского карманного фонаря, если умножить 3,5 *в* на 0,28 *а*. Получаем около 1 *вт*.

Изменив эту формулу так:

$$I = P/U,$$

можно узнать величину тока, протекающего через электрический прибор, если известны потребляемая им мощность и подводимое к нему напряжение.

Какова, например, величина тока, идущего через электрический паяльник, если известно, что при напряжении 127 *в* он потребляет мощность 60 *вт*?

Решение:

$$I = P/U = 60/127 \approx 0,5 \text{ а}.$$

Если известны величина тока и сопротивление цепи, но неизвестно напряжение, мощность можно подсчитать по такой формуле:

$$P = I^2P.$$

Когда же известны напряжение, действующее в цепи, и сопротивление этой цепи, то для подсчета мощности используют такую формулу:

$$P = U^2/R.$$

Ватт — сравнительно небольшая единица мощности. Когда приходится иметь дело с электрическими устройствами, приборами или машинами, потребляющими токи в десятки, сотни ампер, используют единицу мощности киловатт (пишут *квт*), равную 1 000 *вт*. Мощности электродвигателей заводских станков, например, могут быть от нескольких единиц до десятков киловатт.

Количественный расход электроэнергии оценивается ватт-секундами, т. е. умножением мощности, потребляемой прибором, на время его работы в секундах. Если, например, лампочка плоского электрического фонарика (ее мощность, как ты уже знаешь, около 1 *вт*) горела 25 *сек*, значит расход энергии составил 25 ватт-секунд.

Однако ватт-секунда — величина очень малая. Поэтому на практике используют более крупные единицы расхода электроэнергии: ватт-час, гектоватт-час и киловатт-час.

Чтобы расход энергии был выражен в ватт-часах или киловатт-часах, нужно соответственно мощность в ваттах или киловаттах умножить на время в часах. Если, например, прибор потребляет мощность 0,5 *квт* в течение 2 *ч*, то расход энергии составит 0,5·2 = 1 киловатт-час; 1 киловатт-час энергии будет также израсходован, если в цепи будет идти ток мощностью 1 *квт* в течение получаса, 4 *квт* в течение четверти часа и т. д.

Электрический счетчик, установленный в доме или квартире, где ты живешь, учитывает расход электроэнергии в киловатт-часах. Умножив показания счетчика на стоимость 1 киловатт-часа (4 коп.), ты узнаешь, на какую сумму израсходовано энергии за неделю, месяц.

При работе с гальваническими элементами или батареями говорят о их электрической емкости в ампер-часах, которая выражается произведением величины разрядного тока на длительность работы в часах.

Начальная емкость свежей батарейки КБС-Л-0,50, например, 0,5 ампер-часа. Подсчитай: сколько времени будет батарейка непрерывно работать, если разряжать ее током 0,28 *а* (ток лампочки фонарика)? Примерно один и три четверти

часа. Если же эту батарейку разряжать увеличенным током, например током 0,5 *а*, она будет работать меньше одного часа.

Таким образом, зная емкость гальванического элемента или батареи и токи, потребляемые их нагрузками, можно подсчитать время, в течение которого будут работать эти источники тока.

Начальная емкость, а также рекомендуемый разрядный ток или сопротивление внешней цепи, определяющее разрядный ток элемента или батареи, обычно указываются на их этикетках.

Трансформация переменного тока

Переменный ток выгодно отличается от постоянного тока тем, что он хорошо поддается трансформированию, т. е. преобразованию тока относительно высокого напряжения в ток более низкого напряжения или наоборот. Трансформаторы дают возможность передавать переменный ток по проводам на большие расстояния с малыми потерями энергии. Для этого переменное напряжение, вырабатываемое генераторами на электростанциях, с помощью трансформаторов повышают до напряжения в несколько сотен тысяч вольт и «посылают» по высоковольтным линиям в различных направлениях. В городах и селах на расстоянии сотен километров от электростанций это напряжение понижают трансформаторами до более низкого, которым и питают лампочки освещения, двигатели и другие электрические приборы.

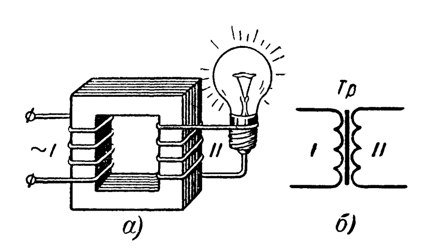


Рис. 75. Трансформатор с сердечником из стали.

а — устройство, *б* — схематическое изображение.

Трансформаторы широко применяются и в радиотехнике.

Трансформатор изобретен был П. Н. Яблочковым в 1876 г. Среди конструкторов первых трансформаторов был русский электротехник-самоучка И. Ф. Усагин, демонстрировавший свой трансформатор в 1882 г. на выставке в Москве.

Схематическое устройство простейшего трансформатора показано на рис. 75. Он состоит из двух катушек из изолированного провода, именуемых о б м о т к а м и, насаженных на сердечник, собранный из пластин специальной, так называемой трансформаторной стали, и образующий замкнутый магнитопровод.

Обмотки трансформатора изображают на схемах так же, как катушки индуктивности, а сердечник — толстой линией между ними.

Действие трансформатора основано на электромагнитной индукции. Переменный ток, текущий по одной из обмоток, создает вокруг нее и в стальном сердечнике переменное магнитное поле. Это поле пересекает витки другой обмотки трансформатора, индуцируя в ней переменную э. д. с. той же частоты. Если к этой обмотке подключить какую-либо нагрузку, например лампочку накаливания, то в получившейся замкнутой цепи потечет переменный ток.

Обмотку, к которой подводится переменный ток, предназначенный для трансформирования, называют п е р в и ч н о й обмоткой, а обмотку, в которой индуцируется переменный ток, — в т о р и ч н о й обмоткой.

Напряжение, которое получается на концах вторичной обмотки, зависит от соотношения чисел витков первичной и вторичной обмоток. При одинаковом числе витков в обмотках напряжение на вторичной обмотке приблизительно равно напряжению, подведенному к первичной обмотке. Если вторичная обмотка трансформатора содержит меньшее число витков, чем первичная, то и напряжение ее меньше, чем напряжение, подводимое к первичной обмотке. И, наоборот, если вторичная обмотка содержит больше витков, чем первичная, то развиваемое в ней напряжение больше напряжения, подводимого к первичной обмотке. В пер-

вом случае трансформатор будет понижать напряжение, а во втором случае повышать его.

Напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке, можно довольно точно подсчитать, зная отношение витков обмоток трансформатора: во сколько раз она имеет большее (или меньшее) число витков по сравнению с числом витков первичной обмотки, во столько же раз напряжение в ней будет больше (или меньше) по сравнению с напряжением, подводимым к первичной обмотке. Так, например, если одна обмотка трансформатора имеет 1 000 витков, а вторая 2 000 витков, то, включив первую обмотку в сеть переменного тока с напряжением 127 *в*, мы получим во второй обмотке напряжение 254 *в* — это повышающий трансформатор. Если же напряжение 127 *в* подвести к обмотке, имеющей 2 000 витков, то в обмотке, содержащей 1 000 витков, мы получим напряжение около 63,5 *в* — это понижающий трансформатор. Обмотка, имеющая 2 000 витков, в первом случае будет вторичной, а во втором случае — первичной.

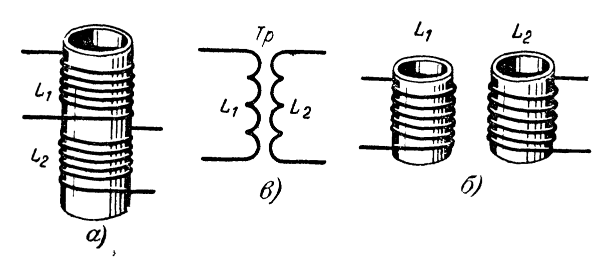


Рис. 76. Трансформаторы высокой частоты без сердечника.

а — катушки трансформатора с общим каркасом; *б* — катушки трансформатора на отдельных каркасах; *в* — обозначение на схемах.

Однако ты должен хорошо запомнить, что мощность тока ($P = UI$), которую можно получить в цепи вторичной обмотки, никогда не превышает мощности тока первичной обмотки. Это значит, что получить от нее одну и ту же мощность можно, повышая напряжение и уменьшая ток, либо потребляя от нее пониженное напряжение при увеличенном токе. Следовательно, повышая напряжение, мы проигрываем в величине тока, а, выигрывая в величине тока, проигрываем в напряжении.

Для питания радиоаппаратуры от сети переменного тока используют обычно трансформаторы с несколькими вторичными обмотками с различными числами витков. С помощью таких трансформаторов, называемых **трансформаторами питания**, получают несколько напряжений, питающих разные цепи.

Наибольшая мощность тока, которая может быть трансформирована, зависит от размера сердечника трансформаторов и диаметра проводов, из которых выполнены обмотки. Чем больше объем сердечника, тем большая мощность тока может быть трансформирована. Практически же в трансформаторе всегда бесполезно теряется часть мощности. Поэтому мощность в цепи вторичной обмотки (или сумма мощностей, получаемых от всех вторичных обмоток) всегда несколько меньше мощности, потребляемой первичной обмоткой.

Трансформаторы постоянный ток не трансформируют. Но если в первичной обмотке трансформатора течет пульсирующий ток, то во вторичной обмотке будет индуцироваться переменная э. д. с., частота которой будет равна частоте пульсаций тока в первичной обмотке. Это свойство трансформатора используется для связи между разными цепями, разделения пульсирующего тока на его составляющие и ряда других целей, о которых разговор будет впереди.

Все трансформаторы со стальными сердечниками и сердечниками из железоникелевых сплавов — пермаллоя, называют **трансформаторами низкой частоты**, так как они приемлемы для преобразования только переменного тока низкочастотного диапазона.

Трансформаторы высокой частоты, принцип действия которых также основан на электромагнитной индукции, могут быть без сердечников. Их обмотки (катушки) располагают на одном или разных каркасах, но обязательно близко одну к другой (рис. 76). При появлении тока высокой частоты в одной из катушек вокруг нее возникает быстропеременное магнитное поле, которое индуцирует во второй катушке переменную э. д. с. такой же частоты. Как и в трансформаторах низкой частоты, напряжение во вторичной катушке зависит от соотношения чисел витков в катушках трансформатора.

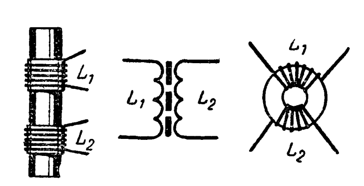


Рис. 77. Высокочастотный трансформатор с магнитодиэлектрическим сердечником и его схематическое изображение.

Для усиления связи между катушками в высокочастотных трансформаторах используют сердечники в виде стержней или колец (рис. 77), представляющих собой спрессованную массу из неметаллических материалов. Их называют **магнитодиэлектрическими** или высокочастотными сердечниками. Наиболее распространены ферритовые сердечники. С одним из таких сердечников — ферритовым стержнем, ты уже имел дело.

Ферритовый сердечник не только усиливает связь между катушками, но и повышает их индуктивность, за счет чего они могут иметь меньше витков по сравнению с катушками трансформатора без сердечника.

Магнитодиэлектрический сердечник высокочастотного трансформатора независимо от его конструкции и формы обозначают на схемах пунктирной линией между катушками.

Резисторы

Эти детали, пожалуй, наиболее многочисленны в транзисторных и ламповых приемниках и усилителях. В транзисторном приемнике средней сложности, например, их может быть 20—25 штук. Их используют для ограничения тока в цепях, для создания на отдельных участках цепей падений напряжений, для разделения токов на их составляющие и регулирования громкости, тембра звука и т. д и т. п.

Для резисторов сравнительно небольших сопротивлений, рассчитанных на токи в несколько десятков миллиампер, используют тонкую проволоку из никелина, нихрома и некоторых других металлических сплавов. Это **проволочные** резисторы. Для резисторов больших сопротивлений, рассчитанных на сравнительно небольшие токи, используют различные сплавы металлов и углерод, которые тонкими слоями наносят на изоляционные материалы. Эти резисторы называют **непроволочными** резисторами.

Как проволочные, так и непроволочные резисторы могут быть **постоянными**, т. е. с неизменными сопротивлениями, и **переменными**, сопротивления которых в процессе работы можно изменять от некоторых минимальных до их максимальных величин.

Основные характеристики резистора: **номинальное**, т. е. указанное на нем, **сопротивление**; **номинальная мощность рассеяния** и наибольшее возможное отклонение действительного сопротивления от номинального. Мощностью рассеяния называют ту наибольшую мощность тока, которую резистор может длительное время выдерживать и рассеивать в виде тепла без ущерба для его работы. Если, например, через резистор сопротивлением 100 *ом* течет ток 0,01 *а*, то он рассеивает мощность 1 *вт*. Если резистор

не рассчитан на такую мощность, то он может быстро сгореть. Номинальная мощность рассеяния — это, по существу, характеристика электрической прочности резистора.

Наша промышленность выпускает постоянные и переменные резисторы разных конструкций и номиналов: от нескольких ом до десятков и сотен мегом. Некоторые наиболее распространенные непроволочные постоянные и переменные резисторы показаны на рис. 78 и 79

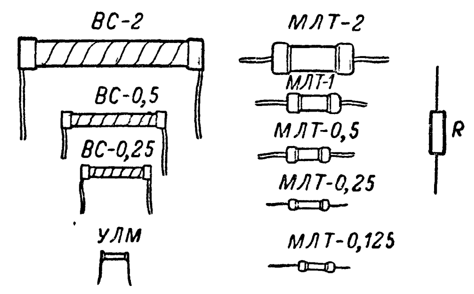


Рис. 78. Постоянные резисторы и их графическое обозначение на схемах.

Постоянные непроволочные резисторы типа ВС (Влагостойкое Сопротивление) представляют собой керамические стержни или трубочки, на поверхность которых нанесен тонкий слой углерода. Выводами служат контактные латунные или луженые хомутики либо колпачки с удлиненными лепестками. Корпуса резисторов вместе с контактными колпаками покрыты влагостойкой эмалью. Резисторы МЛТ (Металлизированные Лакированные Теплостойкие) отличаются от резисторов ВС тем, что на их керамические трубочки нанесен не углерод, а слой специального металлического сплава, обладающего большим сопротивлением.

Резисторы УЛМ (Углеродистые Лакированные Малогабаритные) устроены так же, как резисторы ВС, но по размерам во много раз меньше. Длина резистора этого типа без выводов всего 6,5 *мм*, а диаметр корпуса 2,5 *мм*.

Резисторы ВС изготовляют на мощности рассеяния 0,25, 0,5, 1, 2, 5 и 10 *вт*; МЛТ — на мощности 0,125, 0,25, 1 и 2 *вт*. Их обозначают соответственно: ВС-0,25, ВС-0,5, ВС-1, ВС-5, ВС-10, МЛТ-0,125, МЛТ-0,25, МЛТ-0,5, МЛТ-1, МЛТ-2. Мощность резисторов УЛМ 0,12 *вт*.

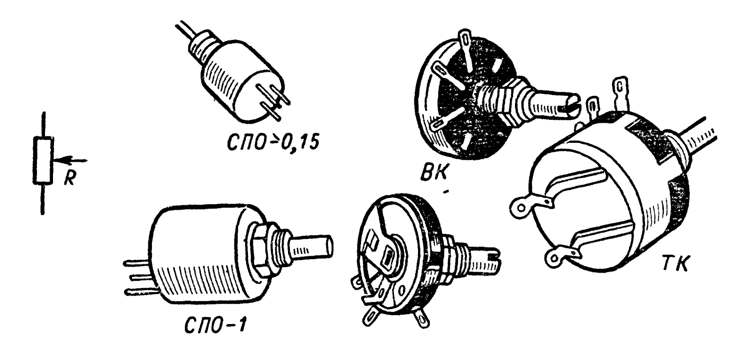


Рис. 79. Конструкции и графическое обозначение переменных резисторов.

Номинальные сопротивления резисторов в омах, килоомах и мегомах указываются на их корпусах, причем обозначение *ком* часто заменяется буквой *к*, *Мом* — буквой *М*. Мощность указывается не на всех резисторах. Не обозначается она, например, на резисторах ВС-0,25, ВС-0,5 и на малогабаритных резисторах. Со временем ты научишься распознавать мощности резисторов по их внешнему виду.

Наибольшее возможное отклонение действительного сопротивления резистора от номинальной, выраженной в процентах, иногда указывают на его корпусе.

Если, например, на корпусе резистора имеется надпись «100*к* ± 10%», это значит, что его фактическое сопротивление может отличаться от номинального в пределах 10%, т. е. в данном примере быть от 90 до 110 *ком*. Если на резисторе число процентов не указано, значит, его фактическое сопротивление может отличаться от номинального на 20% в бóльшую или меньшую сторону.

Переменные резисторы (рис. 79) часто называют потенциометрами, т. е. делителями напряжений, хотя это не всегда бывает правильно, ибо переменные резисторы можно использовать и как реостаты.

Переменный непроволочный резистор устроен так (см. на рис. 79 резистор ВК без защитной крышки): к круглому пластмассовому основанию приклеена дужка из гетинакса, покрытая тонким слоем сажи, перемешанной с лаком. Этот слой и является собственно резистором, обладающим сопротивлением. От обоих концов слоя сделаны выводы. В центр основания впрессована втулка. В ней вращается ось, а вместе с осью фигурная гетинаксовая пластинка. На внешнем конце пластинки укреплена токосъемная щетка (ползунок) из нескольких пружинящих проволочек, которая соединена со средним выводным лепестком. При вращении оси щетка перемещается по слою сажи на дужке, вследствие чего изменяется сопротивление между средним и крайними выводами. Сверху резистор закрыт металлической крышкой, предохраняющей его от повреждений.

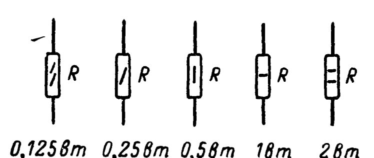


Рис. 80. Обозначение мощностей расстояния постоянных резисторов на схемах.

Так или примерно так устроены все переменные резисторы, в том числе типов СП (Сопротивление Переменное), СПО (Сопротивление Перемеиное Объемное) и ВК. Резисторы ТК отличаются от резисторов ВК только тем, что на их крышках смонтированы выключатели, используемые для включения источников питания. Принципиально так же устроены и малогабаритные дисковые переменные резисторы, например типа СПЗ-3в.

Номиналы постоянных резисторов, выпускаемых нашей промышленностью, указаны в приложении 1, помещенном в конце книги. Таблица этого приложения будет твоим справочным листком. Она подскажет тебе, резисторы каких номиналов и допусков можно искать в магазинах или у товарищей. При этом учитывай, что резисторы ВС-2, ВС-1, ВС-0,5 и ВС-0,25 выпускают с номиналами, начиная от 27 *ом*, ВС-0,25 и УЛМ — от 10 *ом*, МЛТ-2, МЛТ-1, МЛТ-0,5 — от 100 *ом*, а МЛТ-0,25 и МЛТ-0,125 — от 51 *ом*.

Сразу же сделаем оговорку: для подавляющего большинства радиолюбительских конструкций без ущерба для их работы допустимо отклонение от указанных на схемах номиналов резисторов в пределах до ± 10—15%. Это значит, что резистор сопротивлением, например, 5,1 *ком*, может быть заменен резистором ближайшего к нему номинала, т. е. резистором с номиналом 4,7 *ком* или 5,6 *ком*.

Переменные непроволочные резисторы изготовляют с номинальными сопротивлениями начиная с 47 *ом*, с допусками отклонения от номинала ± 20, 25 и 30%.

На принципиальных схемах, чтобы не загромождать их, используют систему сокращенных обозначений сопротивлений резисторов, при которой наименования единиц их сопротивлений (*ом*, *ком*, *Мом*) при числах не ставят. Такая система обозначения сопротивлений резисторов будет применена и в этой книге.

Сопротивления резисторов от 1 до 999 *ом* обозначаются на схемах целыми числами, соответствующими омам, а сопротивления резисторов от 1 до 999 *ком* — цифрами, указывающими число килоом, с буквой *к*. Большие сопротивления резисторов обозначаются в мегомах, причем если сопротивление резистора равно целому числу мегом, то для отличия от обозначения сопротивлений резисторов в омах после цифры ставят запятую и нуль.

Примеры обозначения сопротивлений резисторов на схемах: $R_1$270 соответствует 270 *ом*; $R_2$6,8 *к* соответствует 6 800 *ом*; $R_3$56 *к* соответствует

56 *ком* (56 000 *ом*); $R_4 220$ *к* соответствует 220 000 *ом* (0,22 *Мом*); $R_5 1{,}5$ соответствует 1,5 *Мом*; $R_6 2{,}0$ соответствует 2 *Мом*.

Номинальные мощности рассеяния резисторов на схемах символически обозначают черточками в прямоугольниках их графических изображений, как показано на рис. 80.

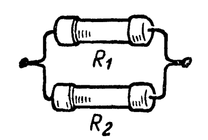
Соединение резисторов

Представь себе такой случай. Тебе нужен резистор какого-то определенного сопротивления. А у тебя нет такого резистора, но есть резисторы других номиналов. Можно ли из них составить резистор нужного сопротивления? Можно, конечно, если знать элементарный расчет последовательного и параллельного соединений сопротивлений электрических цепей и резисторов.

При последовательном соединении резисторов (рис. 81) их общее сопротивление $R_{общ}$ равно сумме сопротивлений всех соединенных в эту цепочку резисторов, т. е.

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{и т. д.}$$

Так, например, если $R_1 = 15$ *ком* и $R_2 = 33$ *ком*, то их общее сопротивление $R_{общ} = 15 + 33 = 38$ *ком* (ближайшие номиналы 36 и 39 *ком*).



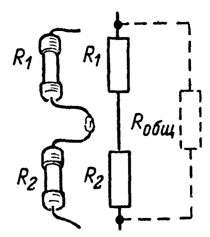


Рис. 81. Последовательное соединение резисторов.

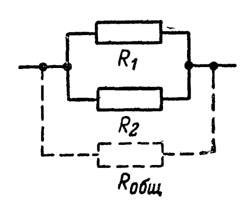


Рис. 82. Параллельное соединение резисторов.

При параллельном соединении резисторов (рис. 82) их общее сопротивление уменьшается и всегда меньше сопротивления каждого отдельно взятого резистора Результирующее сопротивление цепи из параллельно соединенных резисторов рассчитывают по такой формуле:

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Допустим, что $R_1 = 20$ *ком*, а $R_2 = 30$ *ком*. В этом случае общее сопротивление участка цепи, состоящей из этих двух резисторов, равно:

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ ком}.$$

Когда параллельно соединяют два резистора с одинаковыми сопротивлениями, их общее сопротивление равно половине сопротивления каждого из них.

Конденсаторы постоянной емкости

О некоторых свойствах конденсатора — «накопителя» электрических зарядов — я тебе рассказывал в первой и четвертой беседах. Тогда же было сказано, что емкость конденсатора будет тем значительнее, чем больше площадь его обкладок и чем тоньше слой диэлектрика между ними.

Основной единицей электрической емкости является ф а р а д а (сокращенно *ф*). Однако 1 *ф* — это очень большая емкость. Земной шар, например, обладает емкостью меньше 1 *ф*. В электро- и радиотехнике пользуются единицей емкости, равной миллионной доле фарады, которую называют м и к р о ф а р а д о й (сокращенно *мкф*). В одной фараде 1 000 000 *мкф*, т. е. 1 *мкф* = = 0,000001 *ф*. Но и эта единица емкости часто оказывается слишком большой. Поэтому существует еще более мелкая единица емкости, именуемая п и к о ф а р а д о й (сокращенно *пф*), представляющая собой миллионную долю микрофарады, т. е. 0,000001 *мкф*; 1 *мкф* содержит 1 000 000 *пф*.

Все конденсаторы, будь то постоянные или переменные, характеризуются прежде всего их емкостями, выраженными соответственно в пикофарадах, нанофарадах (тысячи пикофарад) или микрофарадах. На принципиальных схемах емкость конденсаторов от 1 до 9 999 *пф* указывают целыми числами, соответствующими их емкостям в этих единицах, а емкость конденсаторов от 0,01 *мкф* (10 000 *пф*) и больше — в долях микрофарады или микрофарадах без обозначений *пф* или *мкф*. Если емкость конденсатора равна целому числу микрофарад, то в отличие от обозначения емкости в пикофарадах после последней значащей цифры ставятся запятая и нуль.

Примеры обозначения емкостей конденсаторов на схемах: $C_1$47 соответствует 47 *пф*; $C_2$3300 соответствует 3 300 *пф*; $C_3$0,047 соответствует 0,047 *мкф* (47 000 *пф*); $C_4$0,1 соответствует 0,1 *мкф*; $C_5$20,0 соответствует 20 *мкф*.

Ты уже знаешь, что конденсатор в простейшем виде представляет собой две пластинки, разделенные диэлектриком. Если конденсатор включить в цепь постоянного тока, то ток в этой цепи прекратится. Да это и понятно: через изолятор, которым является диэлектрик конденсатора, постоянный ток течь не может. Включение конденсатора в цепь постоянного тока равнозначно разрыву ее (мы не принимаем во внимание момент включения, когда в цепи появляется кратковременный ток заряда конденсатора).

Совсем иначе ведет себя конденсатор в цепи переменного тока. Ты знаешь, что напряжение на зажимах источника переменного тока периодически меняется. Поэтому если включить конденсатор в цепь, питаемую от такого источника тока, его обкладки будут попеременно перезаряжаться с частотой этого тока. В результате в цепи будет протекать переменный ток.

Но конденсатор подобно резистору и катушке индуктивности оказывает переменному току сопротивление, но разное для токов различных частот. Он может хорошо пропускать токи высокой частоты и одновременно быть почти изолятором для токов низкой частоты.

Вспомни советы по использованию проводов электроосветительной сети вместо антенны. Я рекомендовал подключать контур приемника к сети через конденсатор емкостью 220—510 *пф*. Случайно ли выбрана такая емкость конденсатора? Нет, не случайно. Конденсатор такой емкости хорошо пропускает токи высокой частоты, необходимые для работы приемника, но оказывает большое сопротивление переменному току с частотой 50 *гц*, текущему в сети. В этом случае он становится своеобразным фильтром, пропускающим ток высокой частоты и задерживающим ток низкой частоты.

Сопротивление конденсатора переменному току зависит от его емкости и частоты тока: чем больше емкость конденсатора и частота тока, тем меньше его емкостное сопротивление.

Это емкостное сопротивление конденсатора можно с достаточной точностью определить по такой упрощенной формуле:

$$R_C = 1/6fC,$$

где R_C — емкостное сопротивление конденсатора, *ом*; f — частота тока, *гц*; C — емкость данного конденсатора, *ф*; цифра 6 — округленное до целых единиц значение 2π (точнее 6,28, так как $\pi = 3{,}14$).

Пользуясь этой формулой, давай узнаем, как вел себя конденсатор по отношению к переменным токам, когда ты использовал провода электросети в качестве антенны.

Допустим, что емкость конденсатора была 500 *пф* (500 *пф* = 0,0000000005 *ф*). Частота тока электросети 50 *гц*. За среднюю частоту радиосигналов возьмем 1 *Мгц* (1 000 000 *гц*), что соответствует волне длиной 300 *м*.

Какое сопротивление оказывает этот конденсатор радиочастоте?

$$R_C = \frac{1}{6 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}0000000005} \approx 300 \text{ ом}.$$

А переменному току электросети?

$$R_C = \frac{1}{6 \cdot 50 \cdot 0{,}0000000005} \approx 7 \text{ Мом}.$$

И вот результат: конденсатор емкостью 500 *пф* оказывает току высокой частоты в 20 000 раз меньшее сопротивление, чем току низкой частоты. Убедительно? Конденсатор меньшей емкости оказывает переменному току сети еще большее сопротивление.

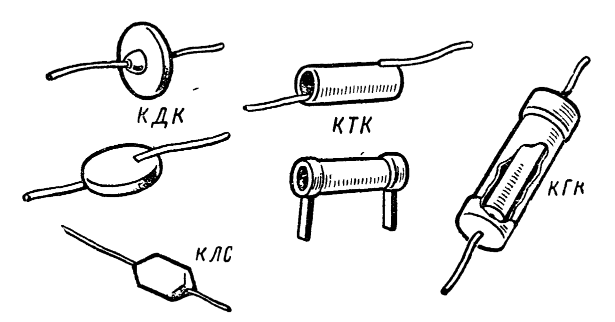


Рис. 83. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

Запомни: сопротивление конденсатора переменному току уменьшается с увеличением его емкости и частоты тока и, наоборот, увеличивается с уменьшением его емкости и частоты тока.

Свойство конденсатора не пропускать постоянный ток и проводить по-разному переменные токи различных частот используют для разделения пульсирующих токов на их составляющие, задержания токов одних частот и пропускания токов других частот. Этим свойством конденсаторов ты будешь часто пользоваться в своих конструкциях.

Как устроены конденсаторы постоянной емкости?

Все конденсаторы постоянной емкости имеют токопроводящие обкладки, между которыми находится изолятор — керамика (фарфор), слюда, бумага или какой-либо другой твердый диэлектрик. По виду используемого диэлектрика конденсаторы называют соответственно керамическими, слюдяными, бумажными.

Внешний вид некоторых керамических конденсаторов постоянной емкости показан на рис. 83. У них диэлектриком служит специальная керамика, обкладками — тонкие слои серебра, нанесенные на поверхности керамики, а выводами — латунные посеребренные проволочки или полоски, припаянные к обкладкам. Сверху корпуса конденсаторов покрыты эмалью.

Наиболее распространены конденсаторы типов КДК (Конденсатор Дисковый Керамический) и КТК (Конденсатор Трубчатый Керамический). У конденсатора типа КТК одна обкладка нанесена на внутреннюю, а вторая на внешнюю поверхность тонкостенной керамической трубочки.

Иногда трубчатые конденсаторы помещают в герметические фарфоровые «футлярчики» с металлическими колпачками на концах. Это конденсаторы типа КГК.

Конденсаторы КДК, КТК и КГК обладают сравнительно небольшими емкостями. Их ставят в те цепи, в которых течет ток высокой частоты (цепь антенны, колебательный контур) для связи между ними.

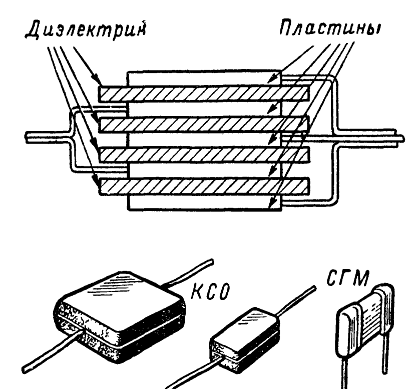


Рис. 84. Слюдяные конденсаторы.

Чтобы получить конденсатор небольших размеров, но обладающий сравнительно большой емкостью, его делают не из двух, а из нескольких пластинок, сложенных в стопку и отделенных друг от друга диэлектриком (рис. 84). В этом случае каждая пара расположенных рядом пластин образует конденсатор. Если эти пары соединить параллельно, получится конденсатор значительной емкости.

Так устроены все конденсаторы со слюдяным диэлектриком. Их обкладками служат листочки из алюминиевой фольги или слои серебра, нанесенные непосредственно на слюду, а выводами — кусочки посеребренной проволоки. Такие конденсаторы выпускаются опрессованными пластмассой. Это конденсаторы КСО. В их наименовании имеется еще цифра, характеризующая форму и размеры оболочки конденсаторов, например: КСО-1, КСО-5. Чем больше значение цифры, тем больше и размер конденсатора.

Некоторые слюдяные конденсаторы выпускаются в керамических влагонепроницаемых корпусах. Их называют конденсаторами типа СГМ.

Емкость слюдяных конденсаторов бывает от 47 до 50 000 *пф*. Как и керамические, они предназначены для высокочастотных цепей, а также для использования в качестве блокировочных и для связи между высокочастотными цепями.

В бумажных конденсаторах (рис. 85) диэлектриком служит пропитанная парафином тонкая бумага, а обкладками — фольга. Полоски бумаги вместе с обкладками свертывают в рулон и помещают в картонный или металлический корпус. Чем шире и длиннее обкладки, тем больше емкость конденсатора.

Диэлектриком конденсаторов типа МБМ (Металлобумажный Малогабаритный) является лакированная конденсаторная бумага, а обкладками — слои металла толщиной меньше микрона, нанесенные на одну сторону бумаги. Харак-

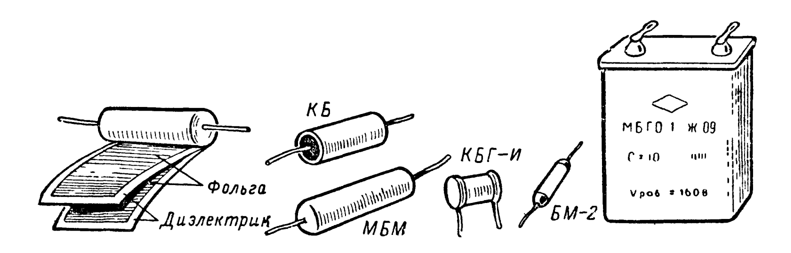


Рис. 85. Бумажные и металлобумажные конденсаторы.

терная особенность конденсаторов этого типа — способность самовосстанавливаться после «пробоя».

Бумажные конденсаторы применяют главным образом в низкочастотных цепях, а также для блокировки источников питания.

Разновидностей конденсаторов с бумажным диэлектриком много. И все они имеют в своем обозначении букву Б (бумажные). Конденсаторы типа БМ (Бумажные Малогабаритные) заключены в металлические трубочки, залитые с торцов специальной смолой. Конденсаторы типа КБ имеют картонные цилиндрические корпуса. Конденсаторы типа КБГ-И помещают в фарфоровые корпуса с металлическими торцовыми колпачками, соединенными с обкладками, от которых отходят узкие выводные лепестки.

Конденсаторы БМ выпускают на емкости от 510 *пф* до 0,047 *мкф*; типа КБ — от 4 700 *пф* до 0,47 *мкф*; конденсаторы КБГ-И — от 4 700 *пф* до 0,25 *мкф*. Конденсаторы емкостью до нескольких микрофарад выпускают в металлических корпусах. К ним относятся конденсаторы типов КБГ-МП, КБГ-МН, КБГТ. Иногда в одном корпусе находятся два-три таких конденсатора.

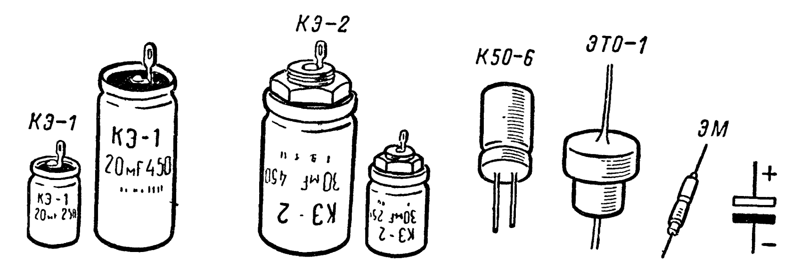


Рис. 86. Электролитические конденсаторы и их обозначение на схемах.

Номиналы керамических, слюдяных, бумажных, металлобумажных и других типов конденсаторов постоянной емкости, выпускаемых нашей промышленностью, сведены в таблицу приложения 1.

Особую группу конденсаторов постоянной емкости составляют электролитические конденсаторы (рис. 86). По внутреннему устройству электролитический конденсатор несколько напоминает бумажный. В нем имеются две ленты из алюминиевой фольги. Поверхность одной из них покрыта тончайшим слоем окиси. Между алюминиевыми лентами проложена лента из пористой бумаги, пропитанной специальной густой жидкостью — электролитом. Эту трехслойную полосу скатывают в рулон и помещают в алюминиевый цилиндрический стакан или патрончик.

Диэлектриком конденсатора служит слой окиси. Положительной обкладкой является та лента, которая имеет слой окиси. Она соединяется с изолированным от корпуса лепестком. Вторая, отрицательная обкладка — пропитанная электролитом бумага. Она через ленту, на которой нет слоя окиси, соединяется с металлическим корпусом. Таким образом, корпус является выводом отрицательной обкладки, а изолированный от него лепесток — выводом положительной обкладки электролитического конденсатора.

Так устроены конденсаторы типов КЭ (Конденсатор Электролитический) и ЭМ (Электролитический Малогабаритный).

Конденсаторы КЭ-2 отличаются от конденсаторов КЭ только пластмассовой втулкой с резьбой и гайкой для крепления на панели. Алюминиевые корпуса конденсаторов ЭМ, К50-3 имеют форму патрончика диаметром 4,5—6 и длиной 15—20 *мм*. Выводы — проволочные. Аналогично устроены и конденсаторы типа К50-6. У них выводы электродов (обкладок) изолированы от корпусов.

Электролитические конденсаторы обладают большими емкостями — от долей до нескольких тысяч микрофарад. Они предназначены для работы в цепях с пуль-

сирующими токами, например, в фильтрах выпрямителей переменного тока, для связи между низкочастотными цепями. При этом отрицательный электрод конденсатора соединяют с отрицательным полюсом цепи, а положительный — с положительным полюсом её. При несоблюдении полярности при включении электролитического конденсатора он может испортиться.

На схемах положительную обкладку электролитического конденсатора изображают прямоугольником, который в отличие от прямоугольника отрицательной обкладки не зачерняют. Рядом могут стоять знаки «+» и «—», обозначающие полярность конденсатора.

Номинальные емкости электролитических конденсаторов пишут на их корпусах. Фактическая емкость может быть значительно больше номинальной.

Важнейшей характеристикой любого конденсатора, кроме его емкости, является его **рабочее напряжение**, т. е. то напряжение, при котором конденсатор может длительное время работать. Это напряжение зависит от свойств и толщины слоя диэлектрика конденсатора.

Керамические, слюдяные, бумажные, металлобумажные и плоскостные конденсаторы различных типов рассчитаны на рабочие напряжения от 150 до 1 000 *в* и более.

Электролитические конденсаторы выпускаются на рабочие напряжения от нескольких вольт до 30—50 *в* и от 150 до 450—500 *в*. В связи с этим их подразделяют на две группы: низковольтные и высоковольтные. Конденсаторы первой группы используют в цепях со сравнительно небольшим напряжением, а конденсаторы второй группы — в цепях с высоким напряжением.

Подбирая конденсаторы для своих конструкций, всегда обращай внимание на их рабочие напряжения. В цепи с меньшим напряжением, чем рабочее, конденсаторы включать можно, но в цепи с напряжением, превышающим рабочее, их включать нельзя. Если на обкладках конденсатора окажется напряжение, превышающее его рабочее напряжение, то диэлектрик пробьется. Пробитый конденсатор непригоден для работы.

Соединение конденсаторов

Конденсаторы, как и резисторы, можно соединить параллельно или последовательно. К соединению конденсаторов прибегают чаще всего в тех случаях, когда под руками нет конденсатора нужного номинала, но имеются другие, из которых можно составить необходимую емкость.

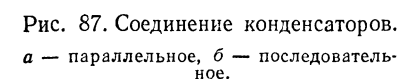


Рис. 87. Соединение конденсаторов.

а — параллельное, *б* — последовательное.

Если соединить конденсаторы параллельно (рис. 87, *а*), то их общая емкость будет равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов, т. е.

$$C_{общ} = C_1 + C_2 + C_3 \text{ и т. д.}$$

Так, например, если $C_1 = 33$ *пф* и $C_2 = 47$ *пф*, то общая их емкость будет:

$$C_{общ} = 33 + 47 = 80 \text{ пф}.$$

При последовательном соединении конденсаторов (рис. 87, *б*) их общая емкость всегда меньше наименьшей емкости, включенной в цепочку. Она подсчитывается по формуле

$$C_{общ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Например, допустим, что $C_1 = 220$ *пф*, а $C_2 = 330$ *пф;* тогда

$$C_{\text{общ}} = \frac{220 \cdot 330}{220 + 330} \approx 130 \text{ пф}.$$

Когда соединяют последовательно два конденсатора одинаковой емкости, общая емкость их будет вдвое меньше емкости каждого из них.

Конденсаторы переменной емкости

Устройство простейшего конденсатора переменной емкости изображено на рис. 88. Одна его обкладка неподвижна. Ее называют статором. Вторая — ротор — скреплена с осью. Если ось вращать, площадь перекрытия обкладок, а вместе с нею и емкость конденсатора будут изменяться.

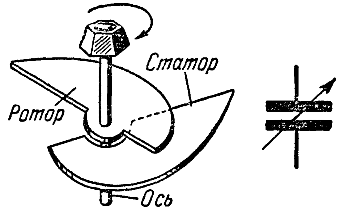
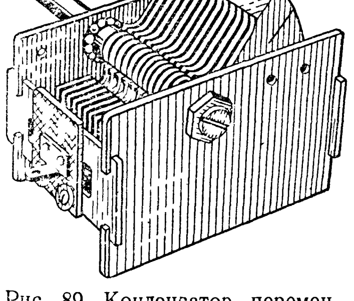


Рис. 88. Простейший конденсатор переменной емкости.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в настраиваемых колебательных контурах, состоят из двух групп пластин (рис. 89), сделанных из листового алюминия или латуни. Пластины ротора соединены осью. Статорные пластины также соединены и изолированы от ротора. При вращении оси пластины статорной группы постепенно входят в воздушные зазоры между пластинами роторной группы, отчего емкость конденсатора плавно изменяется. Когда пластины ротора полностью выведены из зазоров между пластинами статора, емкость конденсатора наименьшая; ее называют начальной емкостью конденсатора. Когда роторные пластины полностью введены между пластинами статора, емкость конденсатора наибольшая. Эта максимальная емкость конденсатора будет тем больше, чем больше в нем пластин и чем меньше расстояние между подвижными и неподвижными пластинами.


Рис. 89. Конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком.

Наиболее распространены конденсаторы переменной емкости, имеющие начальную емкость 12—15 *пф* и наибольшую 330—490 *пф*. Такой конденсатор я рекомендовал тебе для настройки твоего первого радиоприемника.

В приемниках с двумя настраивающимися колебательными контурами можно использовать блоки конденсаторов переменной емкости (рис. 90). В нем два конденсатора, роторы которых имеют общую ось. При вращении оси одновременно изменяются емкости обоих конденсаторов.

Одиночные конденсаторы и блоки конденсаторов переменной емкости требуют к себе бережного отношения. Даже незначительное искривление или иное повреждение пластин приводит к замыканию между ними. Исправление же пластин конденсатора — дело сложное.

У конденсаторов переменной емкости, о которых мы здесь рассказали, диэлектриком служит воздух, поэтому их иногда называют конденсаторами с воздушным диэлектриком.

Есть конденсаторы с твердым диэлектриком, роль которого выполняют бумага, слюда, пластмассовые пленки, керамика Такие конденсаторы при меньших габаритах, чем конденсаторы с воздушным диэлектриком, могут иметь значительные емкости Именно такие конденсаторы применяют для настройки малогабаритных транзисторных радиоприемников

К числу конденсаторов с твердым диэлектриком относятся и так называемые подстроечные конденсаторы, являющиеся разновидностью конденсаторов переменной емкости Чаще всего они используются для подстройки контуров в резонанс, поэтому их и именуют подстроечными Иногда их называют еще полупеременными конденсаторами или триммерами

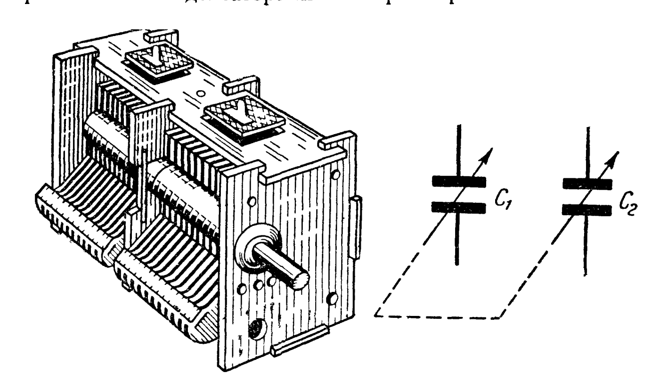


Рис 90 Одна из конструкций блока конденсаторов пере менной емкости

Конструкции наиболее распространенных подстроечных конденсаторов показаны на рис 91 Каждый из них состоит из сравнительно массивного керамического основания и тонкого керамического диска На поверхность основания (под диском) и диск нанесены в виде секторов металлические слои, являющиеся обкладками конденсатора При вращении диска вокруг оси изменяется площадь перекрытия секторов обкладок, изменяется емкость конденсатора.

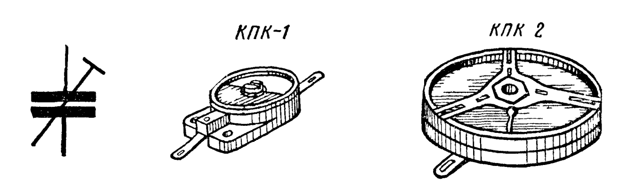


Рис 91 Подстроечные конденсаторы и их схематическое обозначение

Емкость подстроечных конденсаторов указывается в виде дробного числа, где числитель — наименьшая, а знаменатель — наибольшая емкость данного конденсатора Если, например, на конденсаторе указано 6/30, то это значит, что наименьшая его емкость 6 *пф*, а наибольшая 30 *пф*.

Подстроечные конденсаторы обычно имеют наименьшую емкость 5—8 *пф*, а наибольшую до 100—150 *пф* Некоторые из них, например типа КПК 2 можно использовать в качестве конденсаторов переменной емкости для настройки простых одноконтурных приемников.

Плавкий предохранитель

Этот прибор, представляющий собой проволочку, толщина которой рассчитана на пропускание тока некоторой определенной величины, например 0,5, 2, 10 *а* и т. д., предохраняет источник тока от перегрузки. Предохранители имеют все электросети, иногда штепсельные розетки, радиоконструкции, питающиеся от электроосветительной сети.

Плавкий предохранитель вставляют в разрыв электрической цепи, чтобы через него проходил весь ток, потребляемый цепью. Пока ток не превышает допустимой нормы, проволочка предохранителя чуть теплая или совсем холодная. Но как только в цепи появится недопустимо большая нагрузка или произойдет короткое замыкание, ток резко возрастет, расплавит проволочку и цепь автоматически разорвется.

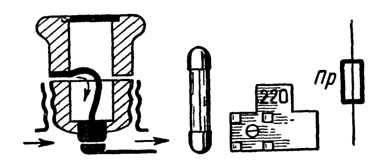


Рис. 92. Плавкие предохранители и их изображение на схемах.

Патрон плавкого предохранителя, используемого в осветительной электросети, устроен так же, как патрон электролампы. В него ввертывается фарфоровая «пробка» (рис. 92 — слева), внутри которой имеется свинцовая проволочка. Один конец ее припаян к металлическому донышку пробки, а другой — к металлическому цилиндру с резьбой, которым предохранитель ввертывается в патрон.

Проволочка плавкого предохранителя радиоконструкции (рис. 92) заключена в стеклянную трубочку или между картонками. Концы проволочки припаяны к металлическим колпачкам или пластинкам, выполняющим роль контактов. Этими контактами предохранитель вставляют между двумя металлическими стоечками, к которым подведены провода защищаемой от перегрузок сети.

Причину, вызвавшую перегорание предохранителя, надо найти, устранить, и только после этого можно вставлять новый предохранитель.

* * *

Я прерываю беседу. Но «экскурсия» в электротехнику еще не закончена. Впереди — другие электрические явления и приборы, с которыми тебе придется иметь дело.

Не исключено, когда ты будешь читать эту книгу, в технической литературе, в учебниках силу тока, напряжение, сопротивление и другие электрические величины начнут обозначать по Международной системе единиц физических величин, именуемой сокращенно СИ. Чтобы знать, что представляет собой эта новая система, прочти приложение в конце книги.

Надо также отметить, что сейчас вводится система сокращенного обозначения номинальных значений резисторов и конденсаторов. О ней ты можешь узнать, прочитав приложение 11.

○

БЕСЕДА ШЕСТАЯ

Полупроводниковые приборы

Наиболее характерным представителем «армии» полупроводниковых приборов является, пожалуй, транзистор. По сравнению с электронными лампами он всего лишь подросток. Ему всего двадцать лет с небольшим. Его появление вызвало революцию в радиотехнике, и не только в радиотехнике, а вообще в радиоэлектронике. Наступила эра транзисторной техники.

Предком современного транзистора был так называемый генерирующий детектор, изобретенный еще в 1922 г. советским радиофизиком О. В. Лосевым. Этот прибор представлял собой кристалл полупроводника с двумя примыкающими к нему проволоками-проводниками. При определенных условиях он мог генерировать и усиливать электрические колебания. Но он тогда из-за несовершенства не мог конкурировать с электронной лампой. Достойного полупроводникового соперника электронной лампе — транзистор — создали в 1948 г. американские ученые Браттэйн, Бардин и Шокли, за что им в 1956 г. была присуждена Нобелевская премия.

В нашей стране большой вклад в разработку полупроводниковых приборов внесли А. Ф. Иоффе, Л. Д. Ландау, Б. И. Давыдов, В. Е. Лашкарев и ряд других ученых и инженеров, многие научные коллективы.

Чтобы понять сущность явлений, происходящих в полупроводниковых приборах, нам придется «заглянуть» в структуру его полупроводника, разобраться в причинах образования в нем электрического тока. Но перед этим хорошо бы тебе вспомнить, о чем мы говорили в первой беседе, или, может быть, вернуться к той ее части, где говорится о строении атомов.

О полупроводниках и их свойствах

К группе полупроводников относится гораздо больше веществ, чем к группам проводников и непроводников, взятых вместе.

К полупроводникам, нашедшим практическое применение в технике, относятся германий, кремний, селен, закись меди и некоторые другие вещества. Для создания же выпрямительных и усилительных полупроводниковых приборов используют в основном германий и кремний.

Каковы наиболее характерные свойства полупроводников?

Электропроводность полупроводников сильно зависит от окружающей температуры. При очень низкой температуре, близкой к абсолютному нулю (—273° С), они ведут себя как изоляторы. Большинство же проводников, наоборот, при таких температурах становятся сверхпроводимыми, т. е. почти не оказывают току никакого сопротивления. С повышением температуры проводников их сопротивление электрическому току увеличивается, а сопротивление полупроводников уменьшается.

Проводимость проводников не изменяется при действии на них света. Проводимость же полупроводников под действием света (фотопроводимость) улучшается.

Полупроводники могут преобразовывать энергию света в электрический ток. Проводникам же это свойство совершенно чуждо.

Электропроводность полупроводников резко улучшается при введении в них атомов некоторых других элементов. Проводимость же проводников при введении в них примесей ухудшается.

Эти и некоторые другие свойства полупроводников были известны сравнительно давно, однако широко пользоваться ими стали совсем недавно.

Германий и кремний, являющиеся исходными материалами современных полупроводниковых приборов, имеют во внешних слоях своих оболочек по четыре валентных электрона. Всего же в атоме германия 32 электрона, а в атоме кремния 14. Но 28 электронов атома германия и 10 электронов атома кремния, находящиеся во внутренних слоях их оболочек, прочно удерживаются ядрами и ни при каких обстоятельствах не отрываются от них. Только четыре валентных электрона атомов этих полупроводников могут, да и то не всегда, стать свободными. Запомни: четыре! Атом полупроводника, потерявший хотя бы один электрон, становится положительным ионом.

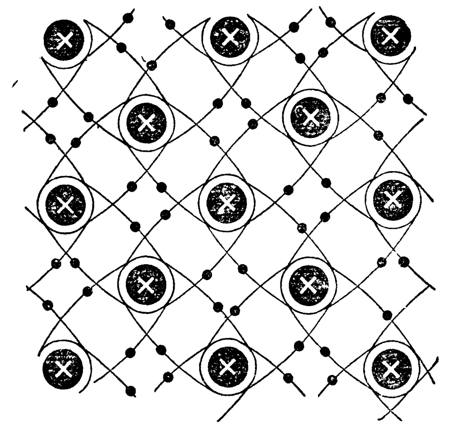


Рис. 93. Плоскостная схема взаимосвязи атомов в кристалле полупроводника.

Атомы полупроводника расположены в строгом порядке: каждый атом окружен четырьмы такими же атомами. Они к тому же расположены настолько близко друг к другу, что их валентные электроны образуют единые орбиты, проходящие вокруг всех соседних атомов, связывая их в единое вещество.

Если взаимосвязь атомов в кристалле полупроводника изобразить в виде плоской схемы, она будет иметь вид, показанный на рис. 93. Здесь большие шарики со знаком «+» изображают ядра атомов с внутренними слоями электронной оболочки (положительные ионы), а маленькие шарики — валентные электроны. Каждый атом, как видишь, окружен четырьмя точно такими же атомами. Любой из атомов связан с каждым соседним атомом двумя валентными электронами, один из которых — «свой», а второй заимствован от «соседа». Это двухэлектронная или валентная связь. Самая прочная связь!

В свою очередь внешний слой электронной оболочки каждого атома содержит восемь электронов: четыре своих и по одному от четырех соседних атомов. Здесь уже невозможно различить, какой из валентных электронов в атоме «свой», а какой «чужой», поскольку они сделались общими. При такой связи атомов во всей массе кристалла германия или кремния можно считать, что кристалл полупроводника представляет собой одну большую молекулу.

Для большей простоты схему взаимосвязи атомов полупроводника можно изобразить так, как это сделано на рис. 94. Здесь ядра атомов с внутренними электронными оболочками показаны в виде кружков со знаком плюс, а межатомные связи — двумя линиями-электронами.

Электропроводность полупроводника

При температуре, близкой к абсолютному нулю, полупроводник ведет себя как изолятор, потому что в нем нет свободных электронов. Но при повышении температуры связь валентных электронов с атомными ядрами ослабевает и некоторые из них вследствие теплового движения могут покидать свои атомы. Вырвавшийся из межатомной связи электрон становится свободным (на рис. 94 — черная точка), а там, где он был до этого, образуется пустое место, условно назы-

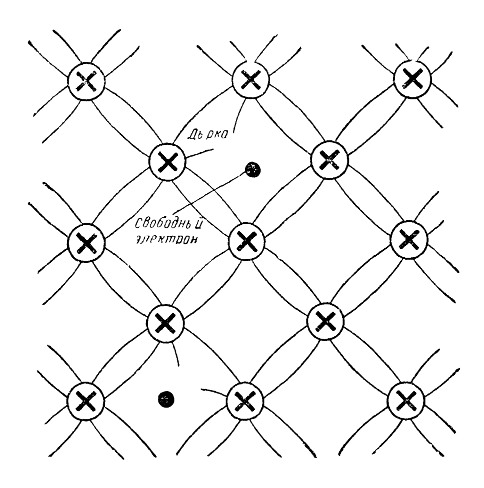


Рис. 94. Упрощенная схема структуры полупроводника.

ваемое в полупроводниковой технике «дыркой» (на рис. 94 — разорвавшаяся линия электрона). Чем выше температура полупроводника, тем больше в нем свободных электронов и дырок.

Итак, образование в массе полупроводника дырки связано с уходом из оболочки атома валентного электрона, а возникновение дырки соответствует появлению положительного электрического заряда, равного отрицательному заряду электрона.

Возникновение тока в полупроводнике можно иллюстрировать упрощенными схемами, показанными на рис. 95. Причиной тока служит напряжение, приложенное к полупроводнику.

Вследствие тепловых явлений во всей массе полупроводника высвобождается из межатомных связей некоторое количество электронов (на рис. 95 они обозначены точками со стрелками) Электроны, освободившиеся вблизи положительного полюса источника напряжения, притягиваются этим полюсом и уходят из массы полупроводника, оставляя после себя дырки. Электроны, ушедшие из межатомных связей, на некотором удалении от положительного полюса тоже притягиваются им и движутся в его сторону. Но,

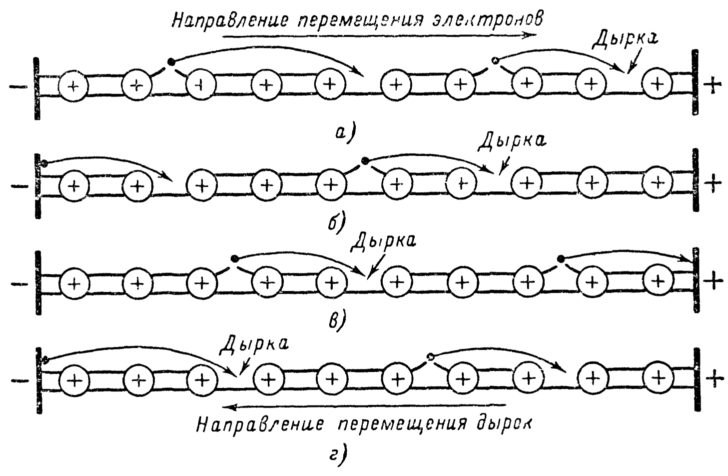


Рис 95 Схема движения электронов и дырок в полупроводнике.

встретив на своем пути дырки, электроны как бы «впрыгивают» в них (рис 95, *а*) — происходит заполнение некоторых межатомных связей. А ближние к отрицательному полюсу дырки заполняются другими электронами, вырвавшимися из атомов, расположенных еще ближе к отрицательному полюсу (рис. 95, *б*). Пока в полупроводнике действует электрическое поле, этот

процесс продолжается: нарушаются одни межатомные связи — из них уходят валентные электроны, возникают дырки — и заполняются другие межатомные связи — в дырки «впрыгивают» электроны, освободившиеся из каких-то других межатомных связей (рис. 95, *б—г*).

Если ты разобрался в этих схемах, то, вероятно, заметил: электроны движутся в направлении от отрицательного полюса источника напряжения к положительному, а дырки перемещаются от положительного полюса к отрицательному. Это явление можно сравнить с такой хорошо знакомой тебе картиной. Стоит пионерский строй. Несколько ребят вышло из строя: образовались пустые места — дырки. Вожатый подает команду: «сомкнуть строй!» Ребята по очереди делают шаг вправо, заполняя пустые места. Что получается? Ребята один за другим перемещаются к правому флангу, а пустые места — в сторону левого фланга.

Отметим, что в отсутствие внешних электрических сил при температуре выше абсолютного нуля тоже непрерывно возникают и исчезают свободные электроны и дырки, но в этих условиях они движутся хаотически в разные стороны и не уходят за пределы полупроводника.

В чистом полупроводнике число высвобождающихся в каждый момент времени электронов равно числу образующихся при этом дырок. Общее же их число при комнатной температуре относительно невелико. Поэтому электропроводность такого полупроводника, называемая собственной, мала. Иными словами, такой полупроводник оказывает электрическому току довольно большое сопротивление.

Но если в чистый полупроводник добавить даже ничтожное количество примеси в виде атомов других элементов, электропроводность его резко повысится. При этом в зависимости от структуры атомов примесных элементов проводимость полупроводника будет иметь различный характер: электронную или дырочную.

Чем различаются эти два типа проводимости?

Если какой-либо атом в кристалле полупроводника заменить атомом сурьмы, имеющим во внешнем слое электронной оболочки пять валентных электронов, этот атом-«пришелец» четырьмя электронами свяжется с четырьмя соседними атомами полупроводника. Пятый же валентный электрон атома сурьмы окажется «лишним» и станет свободным. Чем больше в полупроводник будет введено атомов сурьмы, тем больше в его массе окажется свободных электронов. Следовательно, полупроводник с примесью сурьмы приближается по своим свойствам к металлу: для того чтобы через него проходил электрический ток, в нем не обязательно должны разрушаться межатомные связи.

Полупроводники, обладающие такими свойствами, называют полупроводниками с электронной проводимостью. Их называют также полупроводниками с проводимостью *n*-типа или, еще короче, полупроводниками *n*-типа. Здесь латинская буква *n*—начало латинского слова, «negative» (негатив), что значит «отрицательный». Этот термин в данном случае нужно понимать в том смысле, что в полупроводнике *n*-типа основными носителями тока являются отрицательные заряды — электроны.

Совсем иная картина получится, если в полупроводник ввести атомы с тремя валентными электронами, например атомы индия. Каждый атом металла индия своими тремя электронами заполняет связи только с тремя соседними атомами полупроводника, а для заполнения связи с четвертым атомом у него не хватает одного электрона. Образуется дырка. Она, конечно, может заполниться каким-либо электроном, вырвавшимся из валентной связи с другими атомами полупроводника. Однако независимо от того, где будут дырки, в массе полупроводника с примесью индия не будет хватать электронов для их заполнения. И чем больше будет введено в полупроводник примесных атомов индия, тем больше в нем будет дырок.

Чтобы в таком полупроводнике электроны могли перемещаться, обязательно должны разрушаться валентные связи между атомами. Вырвавшиеся из них электроны или же поступившие в полупроводник электроны извне движутся от дырки к дырке. А во всей массе полупроводника в любой момент времени число

дырок будет больше общего числа свободных электронов. Полупроводники, обладающие таким свойством, называют полупроводниками с дырочной проводимостью или полупроводниками *р*-типа. Латинская буква *р* — первая буква латинского слова «positive» (позитив), что значит «положительный». Этот термин в данном случае нужно понимать в том смысле, что явление электрического тока в массе полупроводника *р*-типа сопровождается непрерывным возникновением и исчезновением положительных зарядов — дырок. Перемещаясь в массе полупроводника, дырки как бы являются носителями тока.

Полупроводники *р*-типа, так же как и полупроводники *n*-типа, обладают во много раз лучшей электропроводностью по сравнению с чистыми полупроводниками.

Надо сказать, что практически не существует как совершенно чистых полупроводников, так и полупроводников с абсолютной проводимостью *n*-типа или *р*-типа. В полупроводнике с примесью индия обязательно есть небольшое количество атомов некоторых других элементов, создающих электронную проводимость, а в полупроводнике с примесью сурьмы есть атомы элементов, создающие в нем дырочную проводимость. Например, в полупроводнике, имеющем в целом проводимость *n*-типа, есть дырки, которые могут заполняться свободными электронами примесных атомов сурьмы. Вследствие этого электропроводность полупроводника несколько ухудшится, но в целом он сохранит электронную проводимость. Аналогичное явление будет иметь место, если в полупроводник с дырочным характером электропроводности попадут атомы индия. Поэтому к полупроводникам *n*-типа относят такие полупроводники, в которых основными носителями тока являются электроны (преобладает электронная проводимость), а к полупроводникам *р*-типа — полупроводники, в которых основными носителями тока являются дырки (преобладает дырочная проводимость).

Теперь, когда ты имеешь некоторое представление о явлениях, происходящих в полупроводниках, тебе нетрудно будет понять принцип действия приборов, основанных на этих явлениях.

Начнем с предшественника транзистора — полупроводникового диода.

Полупроводниковые диоды

Первым полупроводниковым диодом был кристаллический детектор, использовавшийся еще изобретателем радио А. С. Поповым в одном из его приемников. На смену ему пришла радиолампа. В последние годы полупроводниковые диоды почти полностью вытеснили вакуумные диоды.

Различают два вида полупроводниковых диодов: плоскостные и точечные.

Основой плоскостного диода служит тонкая пластинка кристалла германия или кремния, одна часть объема которой обладает проводимостью *р*-типа, а другая — проводимостью *n*-типа. Небольшой кусочек такой пластинки полупроводника схематически изображен на рис. 96, *а*. На нем дырки, преобладающие в области *р*-типа, условно обозначены кружками, а электроны, преобладающие в области *n*-типа, — черными точками такого же размера. Эти области — два электрода диода. Его анодом, т. е. положительным электродом, является область *р*-типа, а катодом, т. е. отрицательным электродом, — область *n*-типа. На поверхности пластинки нанесены контактные металлические слои, к которым припаяны проволочные выводы электродов диода.

Диод является прибором, обладающим резко выраженной односторонней проводимостью электрического тока. Он может находиться в одном из двух состояний: открытом, когда он хорошо проводит ток, и закрытом, когда он плохо проводит ток. Если к выводам электродов диода подключить батарею так, чтобы ее положительный полюс был соединен с анодом диода, т. е. с областью *р*-типа, а отрицательный — с катодом, т. е. с областью *n*-типа (рис. 96, *б*), то диод окажется в открытом состоянии и в образовавшейся цепи пойдет ток, величина которого зависит от свойств диода и приложенного к нему напряжения.

При такой полярности подключения батареи электроны в области n-типа перемещаются от минуса к плюсу, т. е. в сторону области p-типа, а дырки в области p-типа движутся навстречу электронам — от плюса к минусу. Встречаясь на границе областей, называемой электронно-дырочным переходом, p-n-переходом или запорным слоем, электроны «впрыгивают» в дырки, т. е. и те и другие при встрече прекращают свое существование. Контакт, соединенный с отрицательным полюсом батареи, может отдать области n-типа практически неограниченное количество электронов, пополняя убыль электронов в этой области, а контакт, соединенный с положительным полюсом батареи, может принять из области p-типа такое же количество электронов, что равнозначно введению в него соответствующего количества дырок. В этом случае сопротивление p-n-перехода мало, вследствие чего через диод идет ток, называемый прямым током. Чем больше площадь p-n-перехода и напряжение батареи, тем больше этот прямой ток.

Если полюсы батареи поменять местами, как это сделано на рис. 96, *в*, то диод окажется в закрытом состоянии. В этом случае электрические заряды в диоде поведут себя иначе, чем в предыдущем случае. Теперь, удаляясь от p-n-перехода, свободные электроны в области n-типа будут перемещаться к положитель-

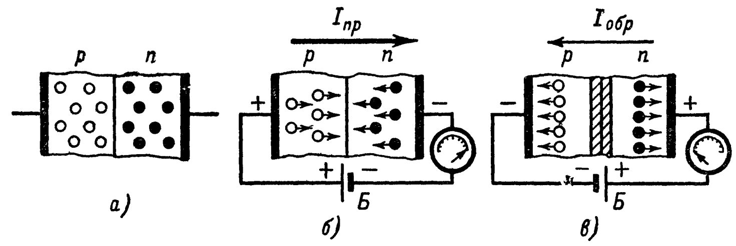


Рис. 96. Принцип устройства и работы полупроводникового диода.

ному, а дырки в области p-типа — к отрицательному контактам диода В результате граница областей с различными типами проводимости как бы расширится, образуя зону, обедненную электронами и дырками (на рис. 96, *в* она заштрихована) и, следовательно, оказывающую току очень большое сопротивление. Однако в этой зоне небольшой обмен носителями тока между областями полупроводника все же будет происходить. Поэтому через диод пойдет ток, но во много раз меньший, чем прямой Этот ток называют обратным током диода.

В формулах, на графиках, характеризующих работу диода, прямой ток обозначают $I_{пр}$, а обратный $I_{обр}$.

А если диод включить в цепь с переменным током? Он будет открываться при положительных полупериодах на аноде, свободно пропуская ток одного направления — прямой ток $I_{пр}$, и закрываться при отрицательных полупериодах на аноде, почти не пропуская ток противоположного направления — обратный ток $I_{обр}$. Эти свойства диодов и используют в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный ток.

Напряжение, при котором диод открывается и через него идет прямой ток, называют прямым (пишут $U_{пр}$) или пропускным напряжением, а напряжение обратной полярности, при котором диод закрывается и через него идет обратный ток, называют обратным (пишут $U_{обр}$) или непропускным напряжением. При прямом напряжении сопротивление хорошего диода не превышает нескольких десятков ом, при обратном же напряжении его сопротивление достигнет десятков или сотен килоом, даже мегом. В этом нетрудно убедиться, если измерить сопротивления диода омметром.

Сопротивление диода — величина не постоянная и зависит от прямого напряжения, приложенного к диоду: чем больше это напряжение, тем больше прямой ток через диод, тем меньше его пропускное сопротивление. Судить о сопротивлении диода можно по падению напряжения на нем и току через него. Так, напри-

мер, если через диод идет прямой ток $I_{пр} = 100$ *ма* (0,1 *а*) и при этом на нем падает напряжение 1 *в*, то (по закону Ома) прямое сопротивление диода будет

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ ом}$$

При закрытом состоянии на диоде падает почти все прикладываемое к нему напряжение, обратный ток через него чрезвычайно мал, а сопротивление, следовательно, велико.

Зависимость величины тока через диод от значения и полярности приложенного к нему напряжения изображают в виде кривой, именуемой в о л ь т - а м п е р н о й х а р а к т е р и с т и к о й диода. Такая характеристика показана на рис. 97. Здесь по вертикальной оси вверх отложены значения прямого тока $I_{пр}$, а вниз — значения обратного тока $I_{обр}$. По горизонтальной оси вправо обозначены величины прямого напряжения $U_{пр}$, влево — обратного напряжения $U_{обр}$.

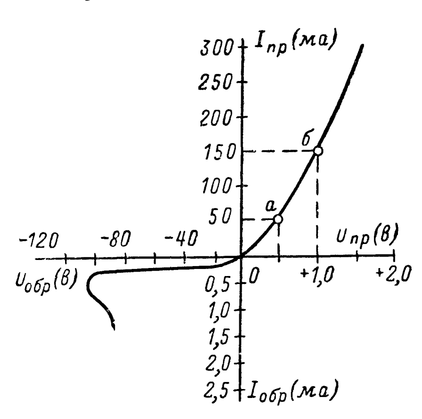


Рис. 97. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода

На таком графике различают «прямую» ветвь (в правой верхней части), соответствующую прямому току через диод, и «обратную» ветвь, соответствующую обратному току через диод. Из характеристики видно, что ток $I_{пр}$ диода в сотни раз больше тока $I_{обр}$. Так, например, у диода, имеющего такую вольт-амперную характеристику, уже при прямом напряжении $U_{пр}=0,5$ *в* ток $I_{пр}$ равен примерно 50 *ма* (точка *а* на характеристике), при $U_{пр} = 1$ *в* он возрастает до 150 *ма* (точка *б* на характеристике), а при обратном напряжении $U_{обр}$ 100 *в* обратный ток $I_{обр}$ не превышает 0,5 *ма* (500 *мка*). Подсчитай, во сколько раз при одном и том же прямом и обратном напряжениях прямой ток больше обратного тока.

Прямая ветвь идет круто вверх, как бы прижимаясь к вертикальной оси. Она характеризует быстрый рост прямого тока через диод с увеличением прямого напряжения. Обратная же ветвь, как видишь, идет почти параллельно горизонтальной оси, характеризуя медленный рост обратного тока. Обратный ток — недостаток диодов

Примерно такие вольт-амперные характеристики имеют все плоскостные полупроводниковые диоды.

Работу диода как преобразователя переменного тока в ток постоянный иллюстрируем графиками на рис. 98. При положительных полупериодах на аноде диод открывается. В эти моменты времени (t) через диод, а значит, и во всей цепи, в которую он включен, течет прямой ток $I_{пр}$. При отрицательных полупериодах на аноде диод закрывается и в цепи течет незначительный обратный ток диода $I_{обр}$. Диод как бы отсекает большую часть отрицательных полуволн переменного тока (на рис. 98 показано пунктиром). И вот результат: в цепи, в которую включен диод, течет уже не переменный, а п у л ь с и р у ю щ и й т о к — ток одного направления, но изменяющийся по величине с частотой переменного тока. Это и есть выпрямление переменного тока.

Если пренебречь малым обратным током диода (что и делают на практике), который у исправных плоскостных диодов не превышает десятые доли миллиампера, а у точечных еще меньше, то можно считать, что диод является односторонним проводником тока.

Для любого диода существуют некоторые максимально допустимые значения прямого и обратного токов, зависящие от прямого и обратного напряжений и

определяющие его выпрямительные свойства и прочность. Эти основные параметры диодов указываются в их паспортах и справочных таблицах. Превышение этих пределов приводит к порче диодов.

Технология изготовления плоскостных диодов такова. На поверхности квадратной пластинки площадью 2—4 *мм*^{2} и толщиной в несколько долей миллиметра, вырезанной из кристалла полупроводника с электронной проводимостью, расплавляют маленький кусочек индия. Индий крепко сплавляется с пластинкой. При этом атомы индия проникают (диффундируют) в толщу пластинки, образуя в ней область с преобладанием дырочной проводимости (рис. 99, *а*). Получается полупроводниковый прибор с двумя областями различного типа проводимости, а между ними *р-п*-переход. Контактами диода служат капелька индия и металлический диск (или стержень) с выводными проводниками. Так устроены наиболее распространенные плоскостные германиевые и кремниевые диоды.

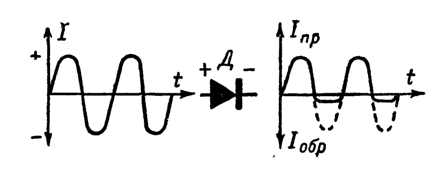


Рис. 98. Работа диода как преобразователя переменного тока в постоянный ток.

Плоскостные диоды маркируются буквами и цифрами, например: Д226А, Д242. Буква Д в маркировке прибора означает «диод», цифры, следующие за нею, — заводской порядковый номер конструкции. Буквы, стоящие в конце обозначения диодов, указывают на разновидности групп приборов.

Внешний вид некоторых плоскостных диодов показан на рис. 99, *б*. Приборы заключены в цельнометаллические корпуса, что повышает их механическую прочность и позволяет использовать их для работы в условиях повышенной влажности. Многие плоскостные диоды, рассчитанные на выпрямление значительных токов, имеют винты с гайками для крепления их на шасси.

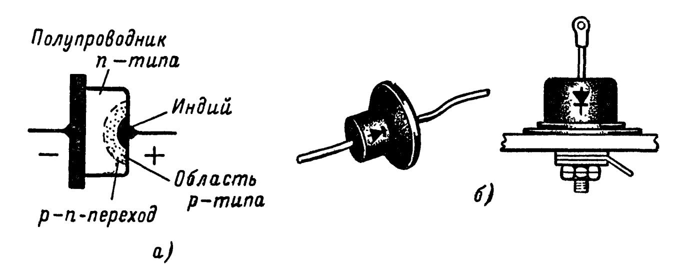


Рис. 99. Схематическое устройство (*а*) и внешний вид (*б*) некоторых плоскостных диодов.

В связи с тем что плоскостные диоды предназначены в основном для работы в выпрямителях переменного тока, их именуют в ы п р я м и т е л ь н ы м и диодами.

К числу плоскостных проводниковых диодов относятся также с е л е н о в ы е в ы п р я м и т е л и (рис. 100). Основой такого диода служит алюминиевая или стальная шайба, покрытая с одной стороны слоем селена, являющегося полупроводником с дырочной проводимостью. Поверхность селена покрыта тонким слоем сплава, в состав которого входит кадмий. В результате химического соединения селена с кадмием образуется прослойка селенида кадмия, обладающая электронной проводимостью. Получается электронно-дырочный переход, обладающий выпрямляющими свойствами. Чем больше площадь этого перехода, тем больший выпрямленный ток можно получить от такого диода.

Одна селеновая шайба может выпрямлять переменный ток напряжением до 10—12 *в*. Чтобы выпрямить токи больших напряжений, шайбы нанизывают на стальной изолированный стержень и стягивают гайками. Получается столбик, составленный из последовательно соединенных селеновых диодов.

Теперь о точечном диоде.

В четвертой беседе, когда речь шла о детектировании, мы лишь сказали, что точечный диод обладает односторонней проводимостью тока, не раскрыв сущности его работы. Сделаем это сейчас.

Выпрямительным элементом точечного диода служит крохотная пластинка германия или кремния, обычно с электронной проводимостью, с которой соприкасается острие тонкой вольфрамовой проволочки (на рис. 101 для примера показано устройство диода Д2). После сборки диод формуют — пропускают через контакт между пластинкой и проволокой ток определенной величины. В это время под острием проволочки в кристалле полупроводника образуется небольшая область с дырочной проводимостью. Получается электронно-дырочный переход, обладающий односторонней проводимостью тока.

Рис. 100. Селеновый выпрямитель.

а — столбик; *б* — шайба.

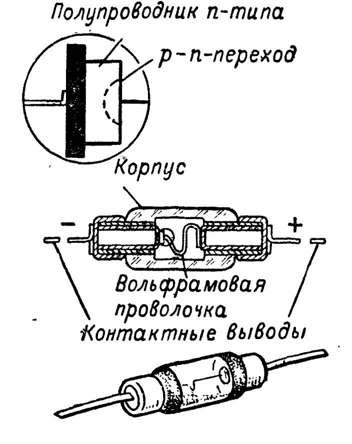


Рис. 101. Германиевый точечный диод типа Д2.

У точечного диода площадь соприкосновения острия проволочки с поверхностью кристалла чрезвычайно мала — не более 50 *мк*². Поэтому токи, которые точечные диоды могут выпрямлять в течение продолжительного времени, малы. Точечные диоды используют в основном для детектирования модулированных колебаний высокой частоты, поэтому их часто называют в ы с о к о ч а с т о т н ы м и д и о д а м и.

Как для плоскостных, так и для точечных диодов существуют м а к с и м а л ь н о д о п у с т и м ы е значения прямого и обратного тока, зависящие от прямого и обратного напряжений и определяющие их выпрямительные свойства и электрическую прочность. Плоскостной диод типа Д226В, например, может продолжительное время выпрямлять ток величиной до 300 *ма*. Но если его включить в цепь, потребляющую ток более 300 *ма*, он будет греться, что неизбежно приведет к тепловому пробою *p-n*-перехода и диод выйдет из строя. Этот диод будет пробит и в том случае, если он окажется в цепи, в которой на него будет подаваться обратное напряжение более чем 400 *в*. Второй пример — точечный диод Д9А. Допустимый для него выпрямленный ток — 65 *ма*, а допустимое обратное напряжение — 10 *в*. Эти основные параметры полупроводниковых диодов указываются в их паспортах и справочных таблицах. Превышение этих пределов приводит к порче приборов.

Основные параметры наиболее распространенных высокочастотных (точечных) и выпрямительных (плоскостных) полупроводниковых диодов ты найдешь в приложении 2.

А теперь, чтобы лучше закрепить в памяти твое представление о свойствах диодов, предлагаю тебе такой опыт. В электрическую цепь, составленную из батареи КБС-Л-0,50 и лампочки от карманного фонаря 3,5 *в*×0,28 *а*, включи любой плоскостной диод из серии Д226 или Д7, но так, чтобы анод диода был соединен непосредственно или через лампочку с положительным выводом батареи, а катод — с отрицательным выводом батареи (рис. 102, *а*). Лампочка должна гореть так же, как если бы диода не было в цепи. Измени порядок включения диода в цепь на обратный (рис. 102, *б*). Теперь лампочка гореть не должна. А если горит, значит, диод оказался с пробитым *p-n*-переходом. Такой диод можно разломить, чтобы посмотреть, как он устроен — для работы как выпрямитель он все равно непригоден.

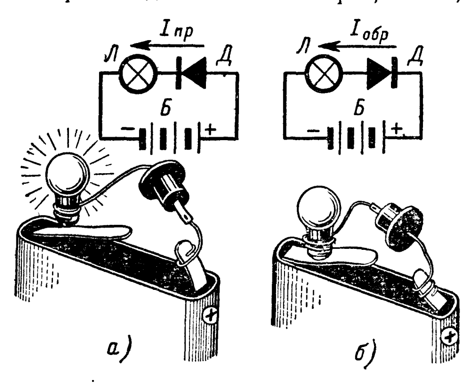


Рис. 102. Опыты с плоскостным диодом.

Но, надеюсь, диод был хорошим и опыт удался. Почему при первом включении диода в цепь лампочка горела, а при втором не горела? В первом случае диод был открыт, так как на него подавалось прямое напряжение $U_{пр}$, сопротивление диода было мало и через него протекал прямой ток $I_{пр}$, величина которого определялась нагрузкой цепи — лампочкой. Во втором случае диод был закрыт, так как к нему прикладывалось обратное напряжение $U_{обр}$, равное напряжению батареи, сопротивление диода было очень большое и в цепи тек лишь незначительный обратный ток диода $I_{обр}$, который не мог накалить нить лампочки.

В этом опыте лампочка выполняла двойную роль. Она, во-первых, ограничивала ток в цепи до 0,28 *а* и таким образом защищала диод от перегрузки, а, во-вторых, была индикатором наличия тока в цепи.

В этой части беседы я рассказал тебе об устройстве полупроводниковых приборов, обладающих выпрямительными свойствами. А разновидностей полупроводниковых диодов много. К приборам этой группы относятся, например, ф о т о д и о д ы, ф о т о р е з и с т о р ы, используемые в электронных приборах-автоматах, с т а б и л и т р о н ы, или, как их еще называют, о п о р н ы е д и о д ы, предназначенные для стабилизации напряжений источников питания радиоаппаратуры. Об устройстве и принципах работы этих и некоторых других полупроводниковых диодов я буду рассказывать применительно к их практическому использованию.

Транзисторы

Транзистор * — это трехэлектродный полупроводниковый прибор. Как и полупроводниковые диоды, транзисторы могут быть плоскостными и точечными. Первые транзисторы, в частности, были точечными. Однако они оказались не столь совершенными, как плоскостные. Сейчас выпуск точечных транзисторов прекращен, поэтому наш разговор будет только о плоскостных транзисторах.

В простейшем виде транзистор представляет собой пластинку полупроводника с тремя, как в слоеном пироге, чередующимися областями разной электропроводимости (рис. 103), образующими два *p-n*-перехода. У каждой области свой контактный вывод. Две крайние области обладают проводимостью одного типа, средняя — проводимостью другого типа. Если в крайних областях преобладает

---

* Термин «транзистор» образован из двух английских слов: transfer — преобразователь и resistor — сопротивление.

дырочная проводимость, а в средней электронная (рис. 103, *а*), то такой прибор называют транзистором *р-п-р*-типа. У транзистора *п-р-п*-типа, наоборот, по краям расположены области с электронной проводимостью, а между ними — область с дырочной проводимостью (рис. 103, *б*).

Прикрой листком бумаги любую из крайних областей транзисторов, изображенных схематически на рис. 103. Что получилось? Оставшиеся две области есть не что иное, как плоскостной диод. Если прикрыть другую крайнюю область, тоже получится диод. Значит, транзистор можно представить себе как два плоскостных диода с одной общей областью, включенных навстречу друг другу.

Общую (среднюю) область транзистора называют б а з о й, одну крайнюю область (на рис. 103 — нижняя) — э м и т т е р о м, вторую крайнюю (на рис. 103 — верхняя) — к о л л е к т о р о м. Это три электрода транзистора. Во время работы транзистора его эмиттер в в о д и т (эмиттирует) в базу дырки (в транзисторе *р-п-р*-типа) или электроны (в транзисторе *п-р-п*-типа), коллектор с о б и р а е т эти электрические заряды, вводимые в базу эмиттером.

На схемах базу обозначают короткой жирной чертой, эмиттер тонкой линией со стрелкой, коллектор — такой же линией без стрелки. Различие в обозначениях

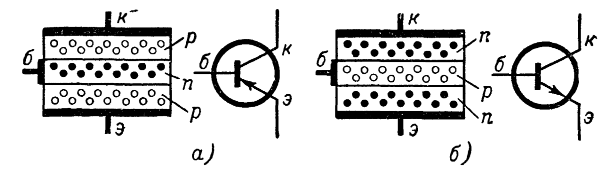


Рис. 103. Схема устройства и условные графические изображения транзисторов на схемах.

а — транзистор *р-п-р*-типа; *б* — транзистор *п-р-п*-типа

транзисторов разных типов электропроводности заключается лишь в направлении стрелки эмиттера: в транзисторах *р-п-р*-типа она обращена в сторону базы, а в транзисторах *п-р-п*-типа — от базы.

Электронно-дырочные переходы в транзисторе могут быть получены так же, как в плоскостных диодах. Например, чтобы изготовить транзистор *р-п-р*-типа, берут тонкую пластину германия с электронной проводимостью и наплавляют на ее поверхности кусочки индия. Атомы индия проникают в тело пластины, образуя в ней две области *р*-типа — эмиттер и коллектор, а между ними получается очень тонкая (несколько микрон) прослойка полупроводника *п*-типа — база. Транзисторы, изготовляемые по такой технологии, называют с п л а в н ы м и.

Схематическое устройство и конструкция сплавного транзистора показаны на рис. 104. Прибор собран на металлическом диске диаметром менее 10 *мм*. Сверху к этому диску приварен кристаллодержатель, являющийся внутренним выводом базы, а снизу — ее наружный проволочный вывод. Внутренние выводы коллектора и эмиттера приварены к проволочкам, которые впаяны в стеклянные изоляторы и служат внешними выводами этих электродов. Цельнометаллический колпак, напоминающий по форме шляпу, защищает прибор от механических повреждений и влияния света.

Так устроены наиболее распространенные маломощные низкочастотные транзисторы МП39, МП40, МП41, МП42 и их разновидности. Буква М в обозначении говорит о том, что корпус транзистора холодносварной, буква П — первоначальная буква слова «плоскостной», а цифры — порядковые заводские номера приборов. В конце обозначения могут быть буквы А, Б, В (например, МП39Б), указывающие разновидность транзистора данной группы. Ранее аналогичные маломощные низкочастотные транзисторы выпускались под марками П13, П14, П15 и П16. Разница между этими транзисторами и транзисторами с буквой М в обозначении заключается в основном лишь в герметизации корпусов: у транзи-

сторов П13—П16 корпуса горячесварные, а у транзисторов МП39 — МП42 — холодносварные.

Существуют другие способы изготовления транзисторов, например диффузионно-сплавной (рис. 105). Коллектором транзистора, изготовленного по такому способу, служит пластинка исходного полупроводника. На поверхность пластинки наплавляют очень близко один от другого два маленьких

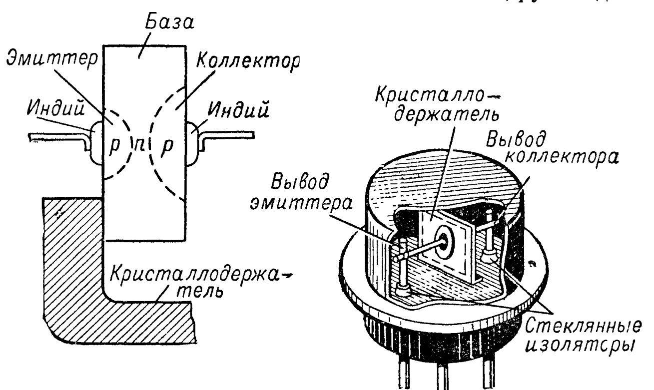


Рис. 104. Схема устройства и конструкция сплавного транзистора *p-n-p*-типа.

шарика примесных элементов. Во время нагрева до строго определенной температуры происходит диффузия примесных элементов в пластинку полупроводника. При этом один шарик (на рис. 105 — правый) образует в коллекторе тонкую базовую область, а второй шарик (на рис. 105 — левый) создает в ней эмиттерную область. В результате в пластинке исходного полупроводника получаются два *p-n*-перехода — транзистор.

По такой технологии изготовляют, в частности, наиболее массовые высокочастотные транзисторы типов П401 — П403, П422 — П423. Они имеют точно такое же конструктивное оформление, как транзисторы МП39 — МП42, только у них с корпусом соединена не база, а коллектор.

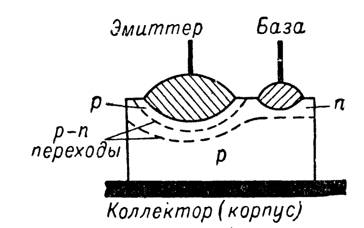


Рис. 105. Схема устройства диффузионно-сплавного транзистора *p-n-p*-типа.

В связи со все возрастающим выпуском полупроводниковых приборов с 1964 г. введена новая система обозначений, по которой вновь разрабатываемые и выпускаемые серийно приборы имеют обозначения, состоящие из четырех элементов, например: ГТ109А, 1Т403И, 2Т301В. Первый элемент этой системы обозначения — буква (Г или Т) или цифра (1 или 2) — характеризует полупроводниковый материал транзистора и температурные условия работы прибора. Буква Г или цифра 1 присваивается германиевым транзисторам, а буква К или цифра *2* — кремниевым транзисторам. Цифра, стоящая вместо буквы, указывает на то, что данный транзистор может работать при повышенных температурах (германиевый — выше +60° С, кремниевый — выше +85° С).

Второй элемент — буква Т или Д — начальная буква слова «транзистор» или «диод».

Третий элемент — трехзначное число от 101 до 999 — указывает порядковый номер разработки и назначение прибора. Это число присваивается транзистору по признакам, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

Группа транзисторов	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Низкой частоты (до 3 *Мгц*)	Средней частоты (3—30 *Мгц*)	Высокой частоты (свыше 30 *Мгц*)
Малой мощности	До 0,3	101—199	201—299	301—399
Средней мощности	0,3—3	401—499	501—599	601—699
Большой мощности . . .	Свыше 3	701—799	801—899	901—999

Четвертый элемент обозначения — буква, указывающая разновидность типа из данной группы транзисторов.

Вот несколько примеров расшифровки обозначений транзисторов по этой системе:

ГТ109А — германиевый маломощный низкочастотный транзистор, разновидность типа А.

1Т403И — германиевый средней мощности низкочастотный транзистор, который может работать при повышенной температуре, разновидность типа И.

2Т301В — кремниевый маломощный высокочастотный транзистор, рассчитанный для работы при повышенной температуре, разновидность типа В.

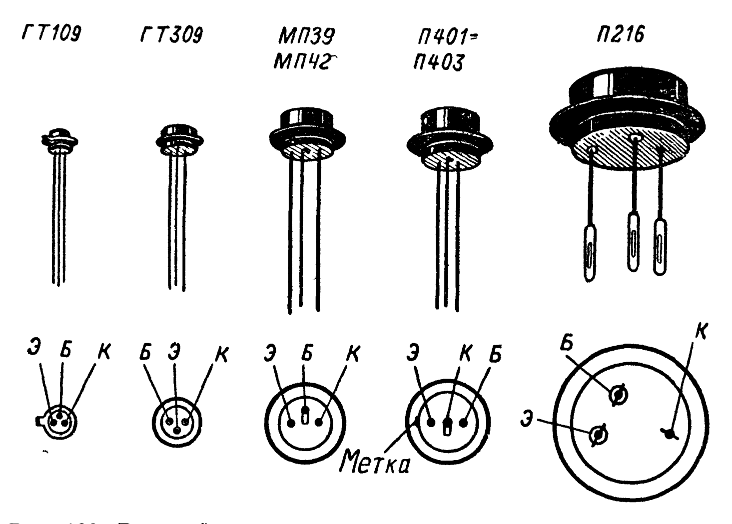


Рис. 106. Внешний вид и расположение выводов некоторых транзисторов.

Наряду с этой системой продолжает действовать и прежняя система обозначения транзисторов, например П39, П401, П213 и т. д. Объясняется это тем, что эти или подобные им транзисторы были разработаны еще до 1964 г.

И еще одна оговорка: цифровое подразделение транзисторов на низкочастотные, среднечастотные и высокочастотные, как это сделано в таблице, является условным. Практически, и особенно в радиолюбительстве, все транзисторы по частотному признаку подразделяют на две группы: низкочастотные и высокочастотные. По мощности рассеяния транзисторы подразделяют тоже только на две

группы: маломощные и мощные. Мы будем придерживаться такого подразделения транзисторов по их частотным свойствам и мощностям.

Основные параметры наиболее широко используемых радиолюбителями транзисторов ты найдешь в приложении 3. А внешний вид некоторых из них и расположение выводов этих транзисторов ты видишь на рис. 106. Маломощный низкочастотный транзистор ГТ109, показанный на этом рисунке, имеет в диаметре всего 3,4 *мм*, весит 0,1 *г*. Транзисторы этого типа предназначены для использования в миниатюрных радиовещательных приемниках. Их используют также в электронных часах, в электронных медицинских приборах.

Диаметр транзисторов типа ГТ309 7,4 *мм*, вес 0,5 г. Такие транзисторы применяют в различных миниатюрных электронных устройствах для усиления и генерирования колебаний высокой частоты.

Транзисторы П13 и аналогичные им транзисторы П14 — П16 считаются морально устаревшими. Взамен их выпускаются транзисторы МП39 — МП42 Они, пожалуй, самые массовые среди маломощных низкочастотных транзисторов.

Транзисторы П401 — П403 — маломощные высокочастотные транзисторы, имеют в диаметре 11,5 *мм* и весят 2 *г*. Их очень широко используют для усиления высокочастотных сигналов как в промышленных, так и в любительских радиовещательных приемниках. Точно так же выглядят аналогичные им маломощные высокочастотные транзисторы типов П416, П422 — П423.

Транзистор П216 — представитель мощных низкочастотных транзисторов, широко используемых в оконечных каскадах усилителей низкой частоты. Диаметр этого, а также аналогичных ему транзисторов П213 — П215, П217 и некоторых других, 24 *мм*, вес — не более 20 *г*. Такие транзисторы крепят на шасси или панелях при помощи фланцев, выполняющих одновременно роль т е п л о о т в о д о в (во время работы эти транзисторы нагреваются). Очень часто такие транзисторы ставят еще на специальные ребристые теплоотводы с увеличенными поверхностями охлаждения.

Как работает транзистор?

Рассмотри хорошенько рис. 107. Слева на этом рисунке ты видишь упрощенную схему усилителя на транзисторе *p-n-p*-типа, в середине и справа — иллюстрации, поясняющие сущность работы этого усилителя. Здесь, как и на предыдущих рисунках, дырки условно обозначены кружками, а электроны — черными точками таких же размеров. Запомни наименования *p-n*-переходов: между коллектором и базой — к о л л е к т о р н ы й, между эмиттером и базой — э м и т т е р н ы й.

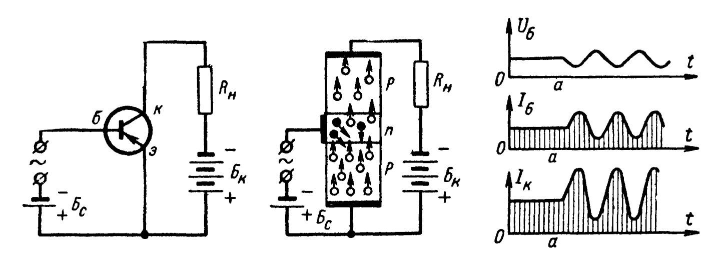


Рис. 107. Упрощенная схема усилителя на транзисторе *p-n-p*-типа и графики, иллюстрирующие его работу.

Между коллектором и эмиттером включена батарея $Б_к$ (коллекторная), создающая на коллекторе по отношению к эмиттеру отрицательное напряжение порядка нескольких вольт. В эту же цепь, именуемую к о л л е к т о р н о й, включена нагрузка $R_н$, которой может быть телефон, громкоговоритель или иной прибор — в зависимости от назначения усилителя.

Если база ни с чем не будет соединена, в коллекторной цепи появится очень слабый ток (десятые доли миллиампера), так как при такой полярности включения батареи $Б_к$ сопротивление коллекторного перехода окажется очень большим; для коллекторного перехода это будет обратный ток.

Ток коллекторной цепи $I_к$ резко возрастает, если между базой и эмиттером включить батарею смещения $Б_с$, подав на базу по отношению к эмиттеру небольшое, хотя бы десятую долю вольта, отрицательное напряжение. Вот что при этом произойдет. При таком включении батареи $Б_с$ (имеется в виду, что зажимы для подключения источника усиливаемого сигнала соединены накоротко) в этой новой цепи, именуемой цепью базы, пойдет прямой ток некоторой величины $I_б$; как и в диоде, дырки в коллекторе и электроны в базе будут двигаться встречно и нейтрализоваться, обусловливая ток через коллекторный переход.

Но судьба большей части дырок, вводимых из области эмиттера в область базы, иная, нежели исчезнуть при встрече с электронами. Дело в том, что при изготовлении транзисторов *р-п-р*-типа насыщенность дырок в эмиттере (и коллекторе) делают всегда большей, чем насыщенность электронов в базе. Благодаря этому только небольшая часть дырок (меньше 10%), встретившись с электронами, исчезает. Основная же масса дырок свободно проходит в базу, попадает под более высокое отрицательное напряжение на коллекторе, входит в коллектор и в общем потоке с его дырками перемещается к его отрицательному контакту. Здесь они нейтрализуются встречными электронами, вводимыми в коллектор отрицательным полюсом батареи $Б_к$. В результате сопротивление всей коллекторной цепи уменьшается и в ней течет как бы прямой ток, во много раз превышающий обратный ток коллекторного перехода. Чем больше отрицательное напряжение на базе, тем больше дырок вводится из эмиттера в базу, тем значительнее ток коллекторной цепи. И, наоборот, чем меньше отрицательное напряжение на базе, тем меньше и ток коллекторной цепи транзистора.

А если в цепь базы последовательно с источником постоянного напряжения, питающего эту цепь, вводить переменный электрический сигнал? Транзистор усилит его.

Процесс усиления в общих чертах происходит следующим образом. При отсутствии напряжения сигнала в цепях базы и коллектора текут токи некоторой величины (участки *Оа* на графиках на рис. 107), определяемые напряжениями батарей и свойствами транзистора. Как только в цепи базы появляется сигнал, соответственно ему начинают изменяться и токи в цепях транзистора: во время отрицательных полупериодов, когда суммарное отрицательное напряжение на базе возрастает, токи цепей увеличиваются, а во время положительных полупериодов, когда напряжения сигнала и батереи $Б_с$ противоположны и, следовательно, отрицательное напряжение на базе уменьшается, токи в обеих цепях тоже уменьшаются. Происходит усиление по напряжению и току.

Если во входную цепь, т. е. в цепь базы, подан низкочастотный электрический сигнал, а нагрузкой выходной — коллекторной — цепи будет телефон, он преобразует усиленный сигнал в звук. Если нагрузкой будет резистор, то создающееся на нем напряжение переменной составляющей усиленного сигнала можно будет подать во входную цепь второго транзистора для дополнительного усиления. Один транзистор может дать более чем 30—50-кратное усиление по току и напряжению.

Заметим, что на базу транзистора, кроме напряжения усиливаемого сигнала, обязательно должно подаваться некоторое начальное постоянное отрицательное напряжение, называемое напряжением смещения (на рис. 107 — батарея $Б_с$). Без него эмиттерный переход «срежет» положительные полупериоды сигнала, отчего усиление будет сопровождаться искажениями. Напряжение смещения на базу не подают лишь в тех случаях, когда эмиттерный переход транзистора используют для детектирования.

Точно так же работают и транзисторы *п-р-п*-типа, только в них основными носителями тока являются не дырки, а электроны. В связи с этим полярность включения батарей, питающих цепи базы и коллекторов транзисторов *п-р-п*-типа, должна быть не такой, как у транзисторов *р-п-р*-типа, а обратной.

Обязательно ли для подачи на базу начального напряжения смещения нужна специальная батарея? Нет, конечно. Тем более что это напряжение на базе относительно эмиттера должно быть порядка 0,1—0,2 *в*. Для этой цели обычно используют напряжение коллекторной батареи, соединяя базу с этим источником питания через резистор. Сопротивление такого резистора чаще подбирают опытным путем, так как оно зависит от свойств данного транзистора.

Режимы работы транзистора

Я тебе уже говорил, что транзистор можно представить себе как два включенных встречно плоскостных диода, совмещенных в одной пластинке полупроводника и имеющих один общий катод, роль которого выполняет база транзистора. В этом нетрудно убедиться на опытах, для которых тебе потребуется любой бывший в употреблении, но не испорченный низкочастотный транзистор, например типа МП39 или подобные ему транзисторы МП40 — МП42.

Между коллектором и базой транзистора включи последовательно соединенные батарею КБС-Л-0,50 и лампочку от круглого карманного фонаря, рассчитанную на напряжение 2,5 *в* и ток 0,075 *а*. Если плюс батареи окажется соединенным (через лампочку) с коллектором, а минус с базой (рис. 108, *а*), то лампочка будет гореть. При другой полярности включения батареи (рис. 108, *б*) лампочка гореть не должна. Как объяснить эти явления?

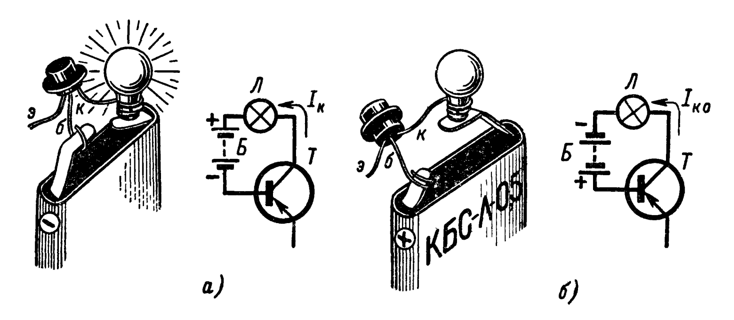


Рис. 108. Опыты с транзистором.

Сначала на коллекторный переход ты подавал прямое, т. е. пропускное напряжение. В этом случае коллекторный переход открыт, его сопротивление мало и через него течет прямой ток коллектора $I_к$. Величина этого тока в данном случае определяется в основном сопротивлением нити лампочки и внутренним сопротивлением батареи. При втором включении батареи (рис. 108, *б*) ее напряжение подавалось на коллекторный переход в обратном, непропускном направлении. В этом случае переход закрыт, его сопротивление велико и через него течет лишь небольшой обратный ток коллектора. У исправного маломощного низкочастотного транзистора обратный ток коллектора $I_{к0}$ не превышает 30 *мка*. Такой ток, естественно, не мог накалить нить лампочки, поэтому она и не горела.

Проведи аналогичный опыт с эмиттерным переходом. Результат будет таким же: при обратном напряжении переход будет закрыт — лампочка не горит, а при прямом напряжении он будет открыт — лампочка горит.

Следующий опыт, иллюстрирующий один из режимов работы транзистора, проводи по схеме, показанной на рис. 109. Между эмиттером и коллектором транзистора включи последовательно соединенные батарею КБС-Л-0,50 и ту же лампочку накаливания (2,5 *в*×0,075 *а*). Положительный полюс батареи должен быть соединен с эмиттером, а отрицательный — с коллектором (через нить накала лампочки). Лампочка не горит. Соедини проволочной перемычкой базу с эмитте-

ром, как показано на схеме штриховой линией. Лампочка, включенная в коллекторную цепь транзистора, тоже не горит. Удали перемычку и вместо нее подключи к этим электродам последовательно соединенные резистор $R_б$ сопротивлением 100—150 *ом* и один гальванический элемент $Б_б$, например типа ФБС-0,25, но так, чтобы минус элемента был на базе, а плюс на эмиттере. Теперь лампочка должна гореть. Поменяй местами полярность подключения элемента к этим электродам транзистора. В этом случае лампочка гореть не будет. Повтори несколько раз этот опыт и ты убедишься в том, что лампочка в коллекторной цепи будет гореть только тогда, когда на базе относительно эмиттера действует отрицательное напряжение.

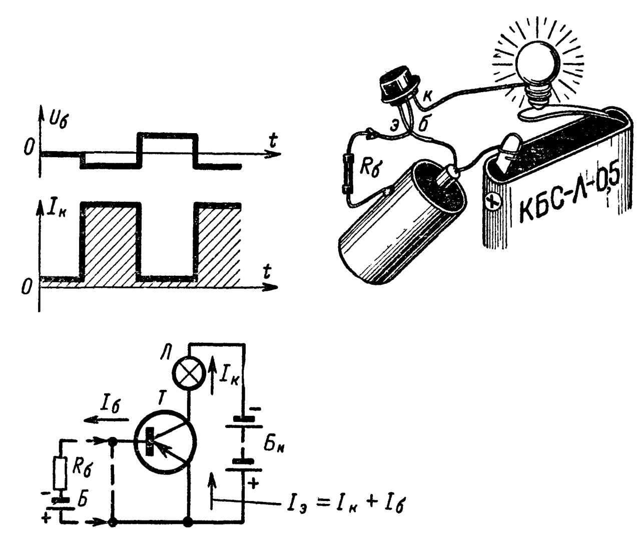


Рис. 109. Транзистор в режиме переключения.

Давай разберемся в этих опытах. В первом из них, когда ты, соединив перемычкой базу с эмиттером, закоротил эмиттерный переход, транзистор стал просто диодом, на который подавалось обратное, закрывающее транзистор напряжение. Через транзистор шел лишь незначительный обратный ток коллекторного перехода, который не мог накалить нить лампочки. В это время транзистор находился в закрытом состоянии.

Удалив перемычку, ты восстановил эмиттерный переход. Первым включением элемента между базой и эмиттером ты подал на эмиттерный переход прямое напряжение. Эмиттерный переход открылся, через него пошел прямой ток, который открыл второй переход транзистора — коллекторный. Транзистор оказался открытым и по цепи эмиттер — база — коллектор пошел ток транзистора, который в десятки раз больше тока цепи эмиттер — база. Он-то и накалил нить лампочки.

Когда же ты изменил полярность включения элемента на обратную, то его напряжение закрыло эмиттерный переход, а вместе с тем закрылся и коллекторный переход. При этом ток транзистора почти прекратился (шел только обратный ток коллектора) и лампочка не горела.

В этих опытах транзистор был в одном из двух состояний: о т к р ы т о м или з а к р ы т о м. Переключение транзистора из одного состояния в другое происходило под действием напряжения на базе $U_б$ Такой режим работы транзистора, который проиллюстрирован графиками на рис. 109, называют р е ж и м о м

переключения или, что то же самое, ключевым режимом. Такой режим транзисторов используют в основном в аппаратуре электронной автоматики.

Какова в этих опытах роль резистора $R_б$? В принципе этого резистора может и не быть в базовой цепи. Мы же рекомендовали включить его исключительно для того, чтобы ограничить ток в базовой цепи. Иначе через эмиттерный переход пойдет слишком большой прямой ток, в результате чего может произойти тепловой пробой перехода и транзистор выйдет из строя.

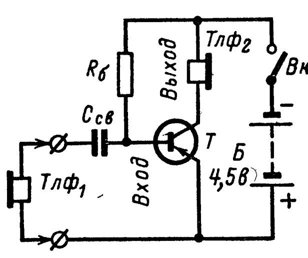


Рис. 110. Транзистор в режиме усиления.

Если бы при проведении этих опытов в базовую и коллекторную цепи включить измерительные приборы, то при закрытом транзисторе токов в его цепях почти не было бы. При открытом же транзисторе ток базы был бы не более 2—3 *ма*, а ток коллектора около 60—75 *ма*. Это означает, что транзистор может быть усилителем тока.

В приемниках и усилителях низкой частоты транзисторы работают в режиме усиления. Этот режим отличается от режима переключения тем, что, используя малые токи в базовой цепи, мы можем управлять значительно большими токами в коллекторной цепи транзистора.

Для иллюстрации работы транзистора в режиме усиления предлагаем несколько опытов. Схему первого из них ты видишь на рис. 110. В коллекторную цепь транзистора включи электромагнитные головные телефоны, а между базой и минусом источника питания коллектора — резистор $R_б$ сопротивлением 100— 150 *ком*. Второй телефон включи между базой и эмиттером через конденсатор связи $C_{св}$ 0,1—0,5 *мкф*. У тебя получится простейший усилитель низкой частоты, который может выполнять, например, роль одностороннего телефонного аппарата. Если твой приятель будет негромко говорить перед телефоном, включенным на вход усилителя, его разговор ты будешь слышать в телефонах, включенных на выход усилителя.

Какова роль резистора $R_б$ в этом усилителе? Через него на базу транзистора от коллекторной батареи подается небольшое начальное напряжение смещения, обеспечивающее транзистору работу в режиме усиления.

На вход усилителя вместо телефона *Тлф*$_1$ можно включить звукосниматель и проиграть грампластинку. Тогда в телефонах *Тлф*$_2$ будут хорошо слышны звуки мелодии или голос певца, записанные на грампластинку.

Рис. 111. Простейший усилитель к детекторному приемнику.

Если у тебя сохранился детекторный приемник, то теперь, пользуясь схемой на рис. 111, ты сможешь добавить к нему простенький усилитель низкой частоты. В этом усилителе резистор $R_н$ сопротивлением 5—10 *ком*, заменивший телефоны приемника, выполняет роль нагрузки детектора. Создающиеся на нем колебания звуковой частоты через конденсатор связи $C_{св}$ поступают на вход усилителя.

Обращаем внимание на включение детектора: катодом он соединен с колебательным контуром, а анодом — с нагрузочным резистором. При ином включении детектора громкость радиоприема будет слабее.

В этих опытах на вход усилителя подавалось переменное напряжение низкой (звуковой) частоты, источником которого были. в первом опыте — телефон, преобразующий звуковые колебания в электрические, во втором — звукосниматель, преобразующий механические колебания его иглы в электрические колебания, в третьем — детекторный приемник. Это напряжение создавало в цепи эмиттер — база слабый переменный ток, управляющий значительно большим током в коллекторной цепи: при отрицательных полупериодах на базе коллекторный ток увеличивался, а при положительных — уменьшался (см. графики на рис. 110). Происходило усиление сигнала, а усиленный транзистором сигнал преобразовывался телефонами, включенными в цепь коллектора, в звуковые колебания. Транзистор работает в режиме усиления.

Аналогичные опыты ты можешь провести и с транзистором структуры *n-p-n*, например типа МП35. В этом случае надо только изменить полярность включения источника питания транзистора: с эмиттером должен соединяться минус, а с коллектором — плюс батареи.

Основные параметры транзистора

Качество и усилительные свойства транзисторов оценивают по нескольким их параметрам, которые измеряют с помощью специальных приборов. Тебя же, с практической точки зрения, в первую очередь должны интересовать три основных параметра: обратный ток коллектора, статический коэффициент усиления по току и граничная рабочая частота транзистора.

Обратный ток коллектора $I_{\text{к0}}$ — это неуправляемый ток через коллекторный переход, создающийся неосновными носителями тока транзистора. Этот параметр характеризует качество транзистора: чем он меньше, тем выше качество транзистора У маломощных низкочастотных транзисторов, например типов МП39 — МП42, $I_{\text{к0}}$ не должен превышать 30 *мка*, а у маломощных высокочастотных транзисторов — 5 *мка*. Транзисторы с превышающими для них значениями $I_{\text{к0}}$ в работе неустойчивы.

Статический коэффициент усиления по току (или коэффициент передачи по току) характеризует транзистор с точки зрения его усилительных свойств. Обозначают его $B_{\text{ст}}$ («бэта»). Статическим его называют потому, что этот параметр транзистора измеряют при неизменных напряжениях на его электродах и неизменных токах в его цепях.

Коэффициент $B_{\text{ст}}$, выражаемый цифрами, показывает, во сколько раз амплитудное значение тока в выходной цепи может быть больше амплитуды тока этого сигнала во входной цепи транзистора. Чем больше значение $B_{\text{ст}}$, тем, естественно, большее усиление может обеспечить данный транзистор.

В справочной литературе ты можешь встретить коэффициент усиления, обозначенный греческой буквой α (альфа). Этот коэффициент всегда меньше единицы. Коэффициент α можно пересчитать на коэффициент $B_{\text{ст}}$ по следующей формуле:

$$B_{\text{ст}} = \frac{\alpha}{1-\alpha}.$$

Так, например, коэффициент усиления $\alpha = 0{,}98$ соответствует коэффициенту $B_{\text{ст}} = 49$ $\left(B_{\text{ст}} = \frac{0{,}98}{1-0{,}98} = 49\right)$.

Граничная рабочая частота — это наибольшая частота электрических колебаний, которая может быть еще усилена транзистором. Выраженная в килогерцах или мегагерцах, она характеризует транзистор с точки зрения возможности использования его для усиления напряжений тех или иных частот. Предельная частота транзисторов МП39, например, 500 *кгц*, а транзисторов П401 — П403 — больше 30 *Мгц*. Практически транзисторы используют для усиления частот значительно меньше граничных, так как с повышением частоты коэффициент усиления $B_{\text{ст}}$ транзистора уменьшается.

В практической работе надо, конечно, учитывать и такие параметры транзисторов, как **максимально допустимое напряжение на коллекторе**, т. е. наибольшее допустимое напряжение между коллектором и эмиттером, **наибольший ток коллектора**, а также **наибольшую мощность рассеяния коллектором** транзистора ($P_{к. макс}$) — мощность, превращающаяся внутри транзистора в тепло.

Эти и некоторые другие параметры маломощных транзисторов массового применения ты найдешь в приложении 3 в конце книги.

Когда ты возьмешь в руки эту книгу, в магазинах, торгующих радиотоварами, появятся новые типы транзисторов. Познакомиться с параметрами этих транзисторов тебе поможет справочная литература или «Справочный листок» журнала «Радио».

О чем надо помнить

Для питания транзисторов требуются сравнительно небольшие напряжения и токи. Транзисторы прочны и долговечны. Но они требуют к себе пристального внимания, аккуратности и опыта работы с ними. Нельзя, например, ошибаться в полярности подачи напряжений на электроды транзисторов — они могут испортиться.

Опасны и плохие контакты в цепях транзисторов. Из-за разрыва цепей, особенно цепи базы, эти приборы могут выйти из строя.

Транзисторы по механической прочности превосходят многие приборы. Но они очень чувствительны к высокой температуре. Если транзистор перегреть, например, паяльником при монтаже, он навсегда может потерять все свои замечательные свойства. Вот почему во время пайки среднюю часть вывода надо плотно зажимать плоскогубцами и не отпускать до тех пор, пока место пайки не остынет. Этим приемом ты защитишь транзистор от перегрева, так как тепло, распространяющееся от паяльника по проволочному выводу к прибору, будет поглощаться плоскогубцами.

Транзисторы подобно конденсаторам и резисторам соединяют с другими деталями посредством пайки. Их проволочные выводы можно изгибать и даже укорачивать до 15—20 *мм*, если в этом есть необходимость. Но делать это нужно очень осторожно, чтобы не поломать их выводы.

При монтаже транзистора рекомендуется первым припаивать вывод базы, вторым — вывод эмиттера, третьим — вывод коллектора. При демонтаже отпайки выводов транзистора делаются в обратном порядке.

Никогда не подавай на коллекторы транзисторов более высокие напряжения, чем те, которые рекомендуются в описаниях конструкций, справочных таблицах. Превышение напряжений неизбежно приводит к перегреву транзистора и пробою его электронно-дырочных переходов.

Не думай, что этими предупреждениями я намереваюсь отбить у тебя охоту к экспериментированию с полупроводниковыми приборами. Нет, я уверен, что ты займешься освоением транзисторной техники. Но я хочу помочь тебе избежать порчи этих пока что сравнительно дорогих приборов. Требования эти элементарны. И чтобы выполнить их, надо лишь быть внимательным.

O

БЕСЕДА СЕДЬМАЯ

Электронные лампы

В свое время электронная лампа совершила в радиотехнике подлинную революцию. Она коренным образом изменила конструкции передающих и приемных устройств, увеличила дальность действия их, позволила радиотехнике сделать гигантский шаг вперед и занять почетное место буквально во всех областях науки и техники, производства, в нашей повседневной жизни. Сейчас у электронных ламп есть серьезные «соперники» — полупроводниковые приборы. Маленькие, а иногда совсем крохотные, экономичные и очень прочные, они все больше и больше завоевывают популярность в радиотехнике и радиолюбительской практике. Но электронные лампы, хотя они и уступают во многих случаях свое место полупроводниковым диодом и транзисторам, еще долго будут нашими верными помощниками.

Первые электронные лампы, или радиолампы, как их чаще именуют, были очень похожи на их прародительницу — электрическую лампу, изобретенную в 1873 г. нашим соотечественником А. Н. Лодыгиным. У них были прозрачные стеклянные баллоны такой же формы, как у электроламп, нити накала ярко светились.

Современные стеклянные радиолампы внешне мало похожи на своих предшественниц, их нити накала совсем не светятся, а если и светятся, то тускло. Некоторые же конструкции радиоламп утратили последнее сходство с электролампой, так как они почти целиком металлические и мало напоминают такие детали, как лампы.

Как же устроены и работают эти электронные приборы?

Устройство электронной лампы

Любая радиолампа представляет собой стальной, стеклянный или керамический баллон, внутри которого на металлических стойках укреплены ее детали — электроды. Пространство в баллоне сильно разрежено, т. е. там почти нет воздуха. Его откачивают через небольшой отросток, имеющийся в нижней или верхней части баллона. Сильное разрежение воздуха внутри баллона, так называемый вакуум, — непременное условие для работы радиолампы.

В каждой радиолампе обязательно есть катод — отрицательный электрод, являющийся источником электронов в лампе, и анод — положительный электрод. Катодом может быть вольфрамовый волосок, подобный нити накала электролампочки, или металлический цилиндрик, подогреваемый нитью накала, а анодом — металлическая пластинка, а чаще коробочка, имеющая форму цилиндра или параллелепипеда. Вольфрамовую нить, выполняющую роль катода, называют также нитью накала.

На схемах баллон лампы обозначают в виде окружности, катод — дужкой, вписанной в окружность, анод — короткой жирной чертой, расположенной над катодом, а их выводы — тонкими линиями, выходящими за пределы окружности. Радиолампы, содержащие эти два электрода — катод и анод, называют двухэлектродными или диодами.

На рис. 112 показано внутреннее устройство двух диодов разных конструкций. Правая лампа отличается от левой тем, что ее катод (нить накала) напоминает

перевернутую латинскую букву V, а анод имеет форму сплюснутого цилиндра. Электроды закреплены на проволочных стойках, впаянных в утолщенное донышко баллона. Стойки являются одновременно выводами электродов. Через специальную колодочку с гнездами — ламповую панельку — они соединяются с другими элементами радиоаппарата.

В большинстве радиоламп между катодом и анодом имеются спирали из тонкой проволоки, называемые сетками. Они окружают катод и, не соприкасаясь, располагаются на разных расстояниях от него. В зависимости от назначения число сеток в лампе может быть от одной до пяти.

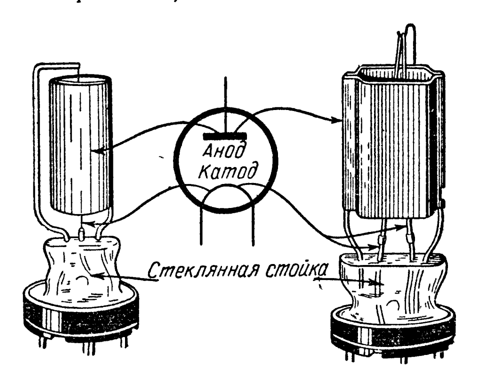


Рис. 112. Внутреннее устройство и обозначение диода на схемах.

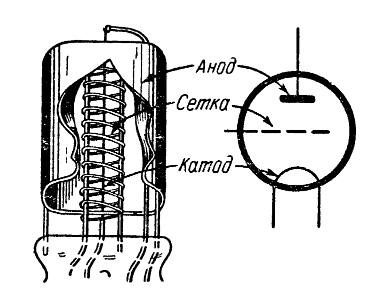


Рис. 113. Устройство и схематическое изображение трехэлектродной лампы.

По общему числу электродов различают лампы трехэлектродные, четырехэлектродные, пятиэлектродные и т. д. Соответственно лампы называют триодами (с одной сеткой), тетродами (с двумя сетками), пентодами (с тремя сетками).

Внутреннее устройство одной из таких ламп — триода — показано на рис. 113. Эта лампа отличается от диодов только наличием в ней спирали — сетки.

На схемах сетки обозначают штриховыми линиями, расположенными между катодом и анодом.

Триоды, тетроды и пентоды — универсальные радиолампы. Их применяют для усиления переменных и постоянных токов и напряжений, в качестве детекторов и одновременно усилителей, для генерирования электрических колебаний разных частот и многих других целей.

Термоэлектронная эмиссия

Действие радиолампы основано на направленном движении в ней электронов. «Поставщиком» же электронов внутри лампы является катод, нагретый до температуры 800—2 000° С.

В чем сущность этого действия?

Если кастрюлю, наполненную водой, поставить на огонь, то по мере нагревания частицы воды начнут двигаться все быстрее и быстрее. Наконец, вода закипит. При этом частицы ее будут двигаться с настолько большими скоростями, что некоторые из них оторвутся от поверхности воды и покинут ее — вода начнет испаряться.

Нечто подобное наблюдается и в электронной лампе. Свободные электроны, содержащиеся в раскаленном металле катода, движутся с огромными скоростями. При этом некоторые из них покидают катод, образуя вокруг него электронное «облако». Это явление испускания, или излучения, катодом электронов называют термоэлектронной эмиссией. Чем сильнее раскален катод, тем больше электронов он испускает, тем гуще электронное облако. Когда говорят,

что «лампа потеряла эмиссию», это значит, что с поверхности ее катода свободные электроны по какой-то причине вылетают в очень малом количестве. Лампа с потерянной эмиссией работать не будет.

Однако чтобы электроны могли вырываться из катода, надо не только нагреть его, но и освободить окружающее пространство от воздуха. Если этого не сделать, вылетающие электроны потеряют скорость, «завязнут» в молекулах воздуха. Поэтому-то в электронной лампе и создают вакуум. Откачивать воздух необходимо еще и потому, что при высокой температуре катод поглощает кислород воздуха, окисляется и быстро разрушается. К этому нужно добавить, что на поверхность катода наносят слой окислов бария, стронция и кальция, обладающий способностью излучать электроны при сравнительно низкой температуре нагрева.

Как работает диод

Самой простой радиолампой — диодом — может стать любая электролампочка, если внутрь ее баллона впаять металлическую пластинку с выводом наружу (рис. 114). Чтобы разогреть ее нить накала, подключим к ее выводам батарею накала $Б_н$. Образуется ц е п ь н а к а л а. Возьмем еще одну батарею и соединим

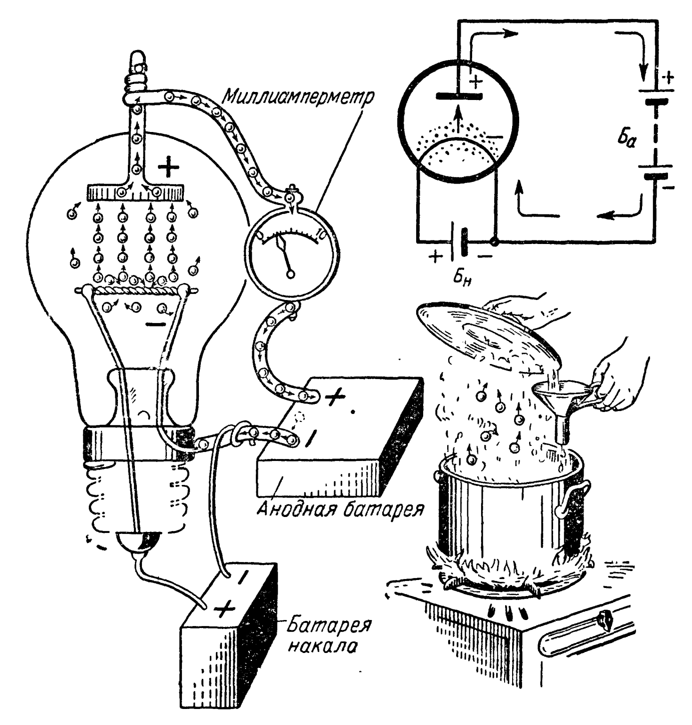


Рис. 114. Если в электрической лампочке накаливания добавить анод, она превращается в простейшую электронную лампу — диод.

ее отрицательный полюс с одним из выводов нити накала, а положительный — с анодом. Образуется вторая цепь — а н о д н а я, состоящая из участка катод — анод, анодной батареи $Б_а$ и соединительных проводников. Если включить в нее миллиамперметр, стрелка прибора укажет на наличие тока в этой цепи.

У тебя, естественно, может возникнуть вопрос: почему в этой цепи течет ток? Ведь между катодом и анодом нет электрического соединения.

Подключив анодную батарею, мы тем самым создали на аноде положительный заряд, а на катоде — отрицательный. Между ними возникло электрическое поле, под действием которого отрицательные заряды — электроны, испускаемые катодом, устремляются к положительно заряженному аноду. А катод покидают другие электроны, которые также летят к аноду. Достигнув анода, электроны движутся по соединительным проводникам к положительному полюсу анодной батареи, а избыточные электроны с отрицательного полюса батареи текут к катоду.

Образование в анодной цепи диода потока электронов можно сравнить с таким явлением. Если над кипящей водой поместить крышку кастрюли или тарелку, то образовавшийся пар будет на ней охлаждаться и «сгущаться» в капельки воды С помощью воронки мы можем эту воду вернуть в кастрюлю Получается как бы замкнутая цепь, по которой движутся частицы воды

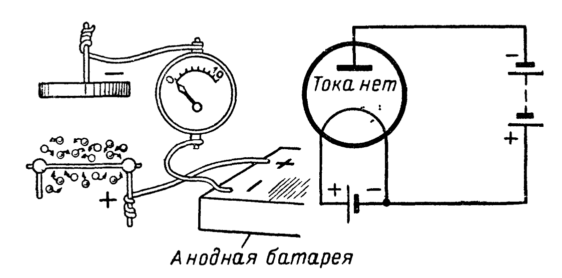


Рис 115. Когда анод двухэлектродной лампы соединен с отрицательным полюсом батареи, в анодной цепи тока нет.

Ток анодной цепи называют анодным током, а напряжение между анодом и катодом лампы — анодным напряжением

Наряду с термином «анодное напряжение» применяют также термины «напряжение на аноде», «напряжение анода». Все эти термины равнозначны: говоря «анодное напряжение», «напряжение на аноде» или «напряжение анода», подразумевают напряжение, действующее между анодом и катодом. Если полюсы анодной батареи или иного источника тока присоединены непосредственно к катоду и аноду лампы, то анодное напряжение будет равно напряжению источника тока

А теперь подумай и ответь: будет ли в анодной цепи диода протекать ток, если положительный полюс анодной батареи соединить с нитью накала, а отрицательный — с анодом, т. е. как показано на рис. 115? Конечно, нет. Ведь анод в этом случае имеет отрицательный заряд. Он будет отталкивать электроны, испускаемые катодом, и никакого тока в этой цепи не будет.

Итак, двухэлектродная электронная лампа, как и полупроводниковый диод, обладает свойством односторонней проводимости тока. Но она, в отличие от полупроводникового диода, пропускает через себя только прямой ток, т. е. только в одном направлении — от катода к аноду. В обратном направлении, т. е. от анода к катоду, ток идти не может. В этом отношении радиолампа, бесспорно, превосходит полупроводниковый диод, через который течет небольшой обратный ток.

Что влияет на величину анодного тока диода? Если катод имеет постоянный накал и излучает беспрерывно одно и то же количество электронов, то величина анодного тока зависит только от анодного напряжения. При небольшом анодном напряжении анода достигнут лишь те электроны, которые в момент вылета из катода обладают наиболее высокими скоростями. Другие, менее «быстрые» электроны останутся возле катода. Чем выше анодное напряжение, тем больше электронов притянет к себе анод, тем значительнее будет анодный ток.

Однако не следует думать, что повышением анодного напряжения можно бесконечно увеличивать анодный ток. Для каждой лампы существует некоторый предельный анодный ток, превышение которого ведет к нарушению свойства катода испускать электроны.

Увеличить эмиссию катода можно повышением его накала. Однако делать этого не следует, так как при увеличении накала продолжительность жизни лампы резко падает, а при чрезмерно большом накале катод быстро теряет эмиссию или совсем разрушается.

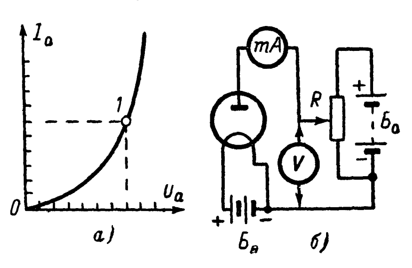


Рис. 116. Зависимость анодного тока от напряжения на аноде можно изобразить графически.

Зависимость тока анодной цепи от анодного напряжения можно изобразить в виде графика, как это сделано на рис. 116, *а*. Это вольт-амперная характеристика диода, которая очень похожа на такую же характеристику полупроводникового диода. Здесь по горизонтальной оси координат отложено в масштабе анодное напряжение $U_а$ в вольтах, а по вертикальной оси — величина анодного тока $I_а$ в миллиамперах.

Снять такую характеристику диода можно с помощью установки, собранной по схеме на рис. 116, *б*. Напряжение на анод лампы подается от анодной батареи $Б_а$ через потенциометр R и измеряется вольтметром V. Миллиамперметром mA, включенным в анодную цепь, замеряется ток, возникающий в этой цепи диода. Точка O соответствует крайнему нижнему положению ползунка потенциометра, при котором напряжение на аноде равно нулю. Анодный ток в это время также равен нулю. Положительное напряжение на аноде плавно увеличивается по мере передвижения ползунка вверх. Одновременно растет анодный ток. Сначала характеристика идет под небольшим углом к горизонтальной оси $U_а$, а потом круто поднимается.

Пользуясь вольт-амперной характеристикой, можно для любого напряжения на аноде определить анодный ток. Для этого надо из точки на оси $U_а$, соответствующей напряжению на аноде, провести линию вверх до пересечения с характеристикой (на рис. 116, *а* — точка *1*), а затем из этой точки провести горизонтальную линию до пересечения с осью $I_а$. Отметка на этой оси укажет величину анодного тока для данного напряжения на аноде.

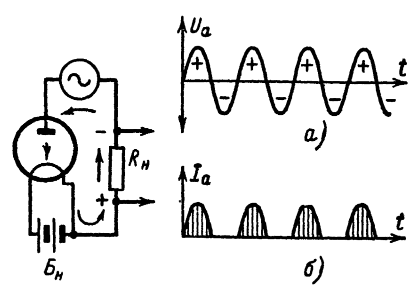


Рис. 117. Диод выпрямляет переменный ток.

А что происходит в анодной цепи диода, когда в ней действует переменное напряжение?

Обратимся к рис. 117. Здесь цепь катода, как и в предыдущих примерах, питается током батареи $Б_н$. На анод лампы подается синусоидальное переменное напряжение, источником которого может быть, например, электроосветительная сеть. В этом случае напряжение на аноде периодически изменяется по величине и знаку (рис. 117, *а*). А так как диод обладает односторонней проводимостью, ток через него идет только при положительном напряжении на его аноде. Говоря иными словами, диод пропускает положительные полуволны (рис. 117, *б*) и не пропускает отрицательных полуволн переменного тока. В результате в анодной цепи течет ток одного направления, но пульсирующий с частотой переменного напряжения на аноде. Происходит выпрямление пере-

менного тока — такое же явление, как это происходит и с полупроводниковым прибором в цепи переменного тока.

Если в анодную цепь включить нагрузочный резистор $R_н$, через него также будет течь выпрямленный диодом ток. При этом на одном конце резистора, соединенном с катодом, будет плюс, а на другом — минус выпрямленного напряжения. Это напряжение, создающееся на резисторе, может быть подано в другую цепь для питания которой необходим постоянный ток.

Помнишь рассказ о работе детектора в твоем первом радиоприемнике? А ведь вместо детектора в приемнике можно было бы использовать диод — результат был бы тот же.

Двухэлектродные лампы, как и полупроводниковые точечные диоды, применяют для детектирования высокочастотных колебаний, но чаще их используют в выпрямителях для питания радиоаппаратуры. Те из них, которые предназначены для работы в выпрямителях, называют кенотронами.

Триод

А теперь воспользуемся нашим самодельным диодом и поместим между его катодом и анодом сетку примерно в том виде, какой она имела несколько десятков лет назад в первых конструкциях радиоламп (рис. 118). Получится триод. Присоединим накальную и анодную батареи. В анодную цепь включим миллиамперметр, чтобы следить за всеми изменениями тока в этой цепи.

Сетку временно соединим проводником с катодом (рис. 118, *а*). В этом случае сетка, имея нулевой потенциал относительно катода, почти не оказывает влияния на величину анодного тока: анодный ток будет примерно таким же, как в случае с диодом.

Удалим проводник, замыкающий сетку на катод, и включим между ними батарею с небольшим напряжением, но так, чтобы ее отрицательный полюс был соединен с катодом, а положительный — с сеткой (рис. 118, *б*). Эту батарею назовем сеточной и обозначим $Б_с$. Теперь сетка находится под положительным напряжением относительно катода. Она стала как бы вторым анодом. Образовалась новая цепь — сеточная, состоящая из участка сетка — нить накала, батареи $Б_с$ и соединительных проводников.

Имея положительный заряд, сетка притягивает к себе электроны. Но, набрав скорость, электроны будут перехвачены силой притяжения более высокого, чем на сетке, анодного напряжения. В результате анодный ток станет больше, чем тогда, когда сетка была соединена непосредственно с катодом. Такой же прирост анодного тока можно было бы получить за счет повышения анодного напряжения, но для этого пришлось бы в анодную батарею добавить в несколько раз больше элементов, чем имеет сеточная батарея.

Если добавить к сеточной батарее еще два-три элемента и тем самым увеличить напряжение на сетке, анодный ток еще больше возрастет. Значит, положительное напряжение на сетке помогает аноду притягивать электроны, способствует росту анодного тока. При этом некоторая часть электронов оседает и на сетке. Но они сразу же «стекают» через сеточную батарею на катод. Появляется небольшой сеточный ток — ток сетки.

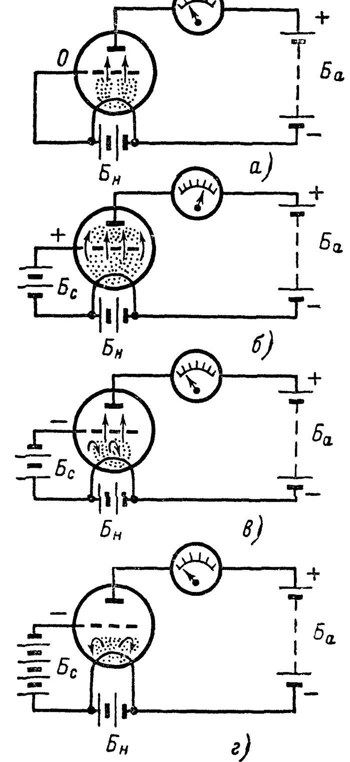
С повышением положительного напряжения на сетке увеличивается анодный ток лампы, но одновременно растет и ток сетки. Может случиться, что при некотором довольно большом напряжении на сетке ток в ее цепи станет больше анодного. Это объясняется тем, что сетка, находясь ближе к нити накала, притягивает к себе электроны сильнее, чем удаленный анод. В этом случае вылетевшие из нити электроны так разделятся между сеткой и анодом, что большая часть их придется на долю сетки. Но это явление крайне нежелательно для работы лампы — она может испортиться.

Теперь поменяем местами полюсы батареи $Б_с$, чтобы на сетке относительно катода было отрицательное напряжение (рис. 118, *в*). Посмотрим на стрелку мил-

лиамперметра. Она покажет значительно меньшую величину анодного тока, чем в предыдущем эксперименте.

Почему анодный ток резко уменьшился? На пути электронов оказался отрицательно заряженный электрод, который препятствует движению их к аноду, отталкивает их обратно к катоду. Часть электронов, обладающих наибольшими скоростями, все же «проскочит» через отверстия в сетке и достигнет анода, но число их будет во много раз меньше, чем при положительном напряжении на сетке. Этим и объясняется резкое ослабление анодного тока.

По мере увеличения отрицательного заряда на сетке ее отталкивающее действие на электроны будет возрастать, а анодный ток — уменьшаться. А при некотором достаточно большом отрицательном напряжении на сетке она не пропустит к аноду ни одного электрона — анодный ток вообще исчезнет (рис. 118, *г*). Следовательно, отрицательное напряжение на сетке «закрывает» лампу.



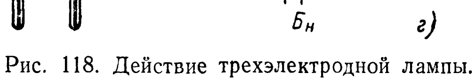


Рис. 118. Действие трехэлектродной лампы.

Зависимость величины анодного тока от напряжения на сетке выражают анодно-сеточной характеристикой. Такая характеристика триода показана на рис. 119. Здесь влево от точки *О* в некотором масштабе отложены отрицательные напряжения на сетке $-U_с$, вправо — положительные напряжения на сетке $+U_с$, а вверх — значения анодного тока $I_а$ и сеточного тока $I_с$. Линия *аг* — анодно-сеточная характеристика лампы — напоминает анодную характеристику диода, только она сдвинута влево от вертикальной оси. Получить такой график можно следующим образом (см. схему на рис. 119). На анод лампы от батареи $Б_а$ подать постоянное положительное напряжение, а между сеткой и катодом включить через потенциометр *R* батарею $Б_с$. В сеточную и анодную цепи включим миллиамперметры.

Напряжение, подаваемое на сетку, будем измерять вольтметром, включенным параллельно потенциометру. Сначала, соединив положительный полюс батареи

$Б_с$ с катодом (левая схема), на сетку подадим такое отрицательное напряжение, при котором лампа окажется закрытой — анодный ток равен нулю. В нашем примере это напряжение равно минус 12 *в* (точка *а*). Затем, перемещая ползунок потенциометра в сторону положительного полюса, напряжение на сетке постепенно доводим до нуля. При этом появляется анодный ток, который постепенно растет до некоторого наибольшего значения — в нашем примере до 8 *ма* (точка *в* на характеристике). В это время тока сетки нет.

Затем полюсы сеточной батареи поменяем местами (схема справа) и начнем подавать на сетку все большее, но уже положительное напряжение. От этого анодный ток растет еще больше (участок *вг*). Но одновременно появляется и растет ток сетки (линия, обозначенная $I_с$, идущая от точки *О* вправо вверх). Наконец, наступит момент, когда кривая тока сетки пойдет круто вверх, а кривая анодного тока — вниз.

Для каждой трехэлектродной лампы, как и для диода, существует некоторая предельная величина анодного тока, зависящая от эмиссии катода. Превышение этого предела может привести лампу в негодность.

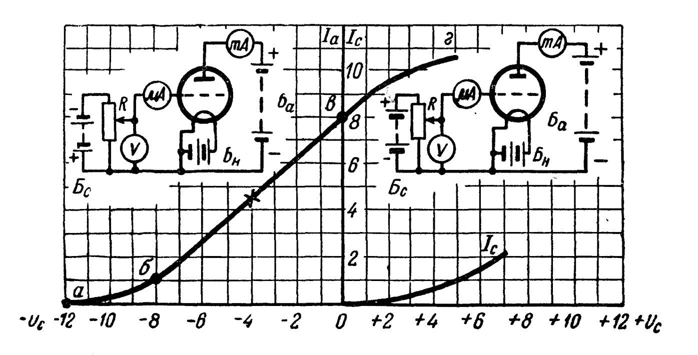


Рис. 119. Анодно-сеточная характеристика триода.

Анодно-сеточная характеристика дает представление о том, как изменяется анодный ток лампы при изменениях напряжения на сетке. Глядя на характеристику, приведенную на рис. 119, можно сказать, что при напряжении на сетке минус 8 *в* анодный ток равен 1 *ма*, при напряжении минус 4 *в* — 4,5 *ма*, при нулевом напряжении — 8 *ма* и т. д. При изменении сеточного напряжения на 8 *в* анодный ток изменится на 7 *ма*. Чтобы получить такое же изменение анодного тока только изменением анодного напряжения, сохранив на сетке минус 8 *в*, напряжение анодной батареи пришлось бы увеличить намного больше, чем напряжение на сетке.

Изменение напряжения на сетке оказывает в несколько раз более сильное влияние на величину анодного тока, чем такое же изменение напряжения на аноде лампы. Сетка управляет потоком электронов, летящих от катода к аноду лампы. Поэтому ее называют у п р а в л я ю щ е й с е т к о й. Это свойство триода и используется для усиления электрических колебаний.

Работу триода как усилителя можно иллюстрировать схемой и графиками, показанными на рис. 120. Здесь к участку сетка — катод лампы, т. е. в цепь сетки, подается переменное напряжение, которое надо усилить. Источником этого напряжения может быть детекторный приемник, микрофон или звукосниматель — прибор, служащий для воспроизведения грамзаписи. В анодную цепь лампы включена анодная нагрузка — резистор $R_а$. Нагрузкой может быть также телефон или громкоговоритель.

Пока в цепи сетки нет переменного напряжения (участок *Оа* на графиках), в анодной цепи течет не изменяющийся по величине ток, соответствующий нуле-

вому напряжению на сетке. Это среднее значение анодного тока — ток покоя (если бы в усилителе использовалась лампа с характеристикой, показанной на рис. 119, он был бы равен 8 *ма*).

Но вот в цепи сетки начало действовать переменное напряжение (на графиках — участки *аб*). Теперь сетка периодически заряжается то положительно, то отрицательно, а анодный ток начинает колебаться: при положительном напряжении на сетке он возрастает, при отрицательном — уменьшается. Чем больше изменится напряжение на сетке, тем значительнее амплитуда колебаний анодного тока. При этом на выводах анодной нагрузки $R_а$ появляется переменная составляющая напряжения, которая может быть подана в цепь сетки другой такой же лампы и еще раз усилена ею. Если в цепь сетки подавать напряжение низкой частоты, скажем, от детекторного приемника, а в анодную цепь включить телефон, то усиленное лампой напряжение заставит телефон звучать во много раз громче, чем при подключении его непосредственно к детекторному приемнику.

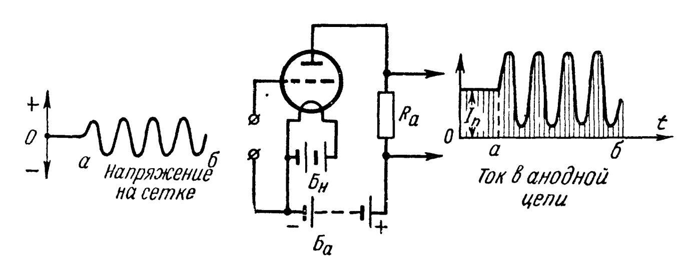


Рис. 120. Триод-усилитель.

Какое усиление может дать лампа? Это зависит от ее конструкции, в частности от густоты и расположения сетки относительно катода. Чем сетка гуще и ближе расположена к катоду, тем сильнее сказывается влияние ее потенциала на электронный поток внутри лампы, тем значительнее колебания анодного тока, тем, следовательно, лампа дает большее усиление. Выпускаемые нашей промышленностью триоды в зависимости от их назначения обладают различными усилительными свойствами. Одни из них могут дать двадцати-тридцатикратные усиления, другие позволяют усиливать напряжение в несколько сотен и даже тысячи раз.

Пока я здесь рассказывал о триоде, ты, вероятно, невольно сравнивал его с транзистором. В самом деле, катод лампы напоминает эмиттер, анод — коллектор, а управляющая сетка — базу транзистора. По своим функциям эти электроды очень схожи, но, как ты в этом убедился, физические процессы, происходящие в трехэлектродной лампе и транзисторе, никак нельзя назвать одинаковыми. Да, юный друг, в твердом теле транзистора работают отрицательные и положительные носители тока, а в вакууме электронной лампы только отрицательные носители тока — электроны.

Многоэлектродные лампы

Однако триод имеет недостатки, ограничивающие его применение. Дело в том, что сетка и анод триода являются обкладками своеобразного конденсатора, емкость которого около 5—10 *пф*. Для низкой частоты эта емкость почти не сказывается, но при усилении колебаний высокой частоты, особенно сигналов радиостанций коротковолнового и ультракоротковолнового диапазонов, она вредна: через нее некоторая часть высокочастотной энергии из анодной цепи попадает в цепь сетки. Образуется паразитная обратная связь, нарушающая нормальную работу усилителя: он самовозбуждается, т. е. становится генератором колебаний высокой частоты.

Для борьбы с этим явлением в лампу ввели еще одну сетку, расположив ее между управляющей и анодом. Лампа стала четырехэлектродной — тетродом. Вторая сетка выполняет роль экрана, уменьшающего емкость между управляющей сеткой и анодом. Поэтому ее назвали экранирующей сеткой. На нее, как и на анод, подают постоянное положительное напряжение, но обычно меньшее, чем на анод. Это напряжение называют напряжением экранирующей сетки.

Экранирующая сетка не только уменьшает паразитную емкость между анодом и управляющей сеткой, но и улучшает усилительные свойства лампы. Имея положительное напряжение относительно катода, она, ускоряя полет электронов внутри лампы, увеличивает анодный ток. Некоторая часть электронов попадает и на экранирующую сетку и в ее цепи появляется ток — ток экранирующей сетки. Но он мал по сравнению с анодным током.

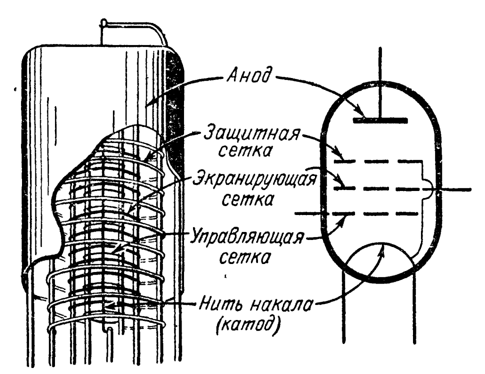


Рис. 121. Устройство и схематическое изображение пентода.

Тетроды позволили повысить качество аппаратуры при меньшем числе радиоламп. Однако наряду с этими достоинствами у тетродов более ярко, чем у триодов, стал проявляться весьма существенный недостаток — динатронный эффект.

Что представляет собой этот недостаток? Чем он вреден?

Прежде чем разобраться в этом неприятном для работы лампы явлении, проведи такой опыт. В блюдце, наполненное водой, капни с высоты каплю воды. Что получится? Ударившись о поверхность воды, капля выбьет из нее одну-две капли. Чем с большей высоты будешь пускать каплю, тем больше будет ее энергия полета, тем больше капель выбьет она из воды, находящейся в блюдце.

Нечто подобное происходит и в лампе. В ней скорость полета электронов огромна. Они как бы бомбардируют анод. При этом каждый электрон способен выбить из анода по два-три и больше электронов. Эти вторичные электроны устремляются к экранирующей сетке — внутри лампы создается встречный поток электронов, нарушающий процесс усиления. Для борьбы с этим явлением между анодом и экранирующей сеткой ввели третью сетку. Лампа стала пятиэлектродной — пентодом (рис. 121). Эту сетку, названную защитной или противодинатронной, соединяют с катодом внутри лампы или это соединение делают на ламповой панельке. Имея потенциал катода, т. е. отрицательный относительно анода, защитная сетка возвращает вторичные электроны к аноду. Что же касается прямого потока электронов, то защитная сетка почти не оказывает ему препятствия.

По своим усилительным свойствам пентод лучше триода и тетрода.

К числу многоэлектродных ламп относятся и так называемые лучевые тетроды (рис. 122). Это тоже пятиэлектродные лампы, но у них недостатки обычного тетрода устраняются иным путем.

У лампы этого типа витки экранирующей сетки располагаются точно против витков управляющей сетки, благодаря чему электроны летят к аноду не сплошным потоком, а лучами. Отсюда и название тетрода — лучевой. При этом на экранирующую сетку попадает значительно меньше электронов, так как ее витки находятся в тени витков управляющей сетки. Образованию лучей способствуют соединенные с катодом пластины — экраны, ограничивающие боковой поток электронов.

При такой конструкции лампы и точно рассчитанном расстоянии между ее электродами выбитые из анода вторичные электроны, не долетев до экранирующей сетки, притягиваются обратно анодом и не нарушают работы лампы.

Лучевые тетроды применяются главным образом в так называемых выходных каскадах приемников и усилителей низкой частоты, от которых требуется получать электрические колебания звуковой частоты значительной мощности.

Существует много типов других, более сложных электронных ламп. Есть, например, лампы с четырьмя и пятью сетками, именуемые гексодами и гептодами. С такими лампами тебе придется иметь дело, когда ты начнешь строить супергетеродинный радиоприемник.

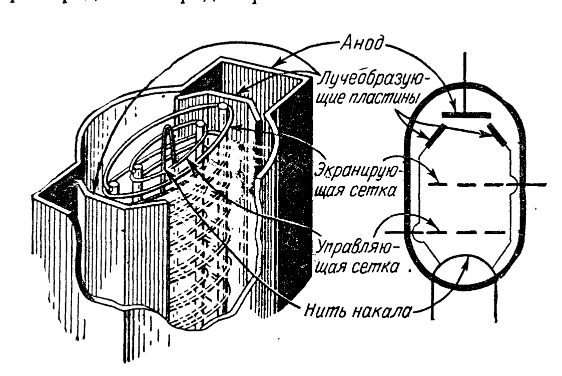


Рис. 122. Лучевой тетрод.

В дальнейшем ты познакомишься с комбинированными лампами, объединяющими в одном баллоне две-три лампы. Это диод-триоды, двойные триоды, триод-гептоды и др. Диод-пентод, например, объединяет в одном баллоне диод и пентод. Диод этой лампы можно использовать в качестве детектора, а пентод — в усилителе. Двойной диод-триод содержит два диода и триод, а сдвоенный триод — два триода.

Приходилось ли тебе видеть в некоторых приемниках светящиеся зеленым цветом «глазки»? Это тоже электронные лампы, облегчающие точную настройку приемника на радиостанцию. Их называют электронносветовыми индикаторами настройки. С такими лампами тебе, возможно, тоже придется иметь дело.

Катоды и их питание

До сих пор я говорил о радиолампах, в которых катодами были нити накала. Такие лампы называются лампами с катодом прямого накала или батарейными и предназначаются для радиоконструкций с питанием от батарей гальванических элементов или аккумуляторов.

Катоды-нити накала большей части современных батарейных ламп рассчитаны на напряжение 1,2 *в* при токе 0,03—0,06 *а*. Мощность тока, потребляемая одной лампой от батареи накала, составляет 0,036—0,072 *вт*. Нити накала батарейных ламп старых выпусков рассчитывались на напряжение 2 *в* при токе 0,06 *а*. Они менее экономичны, чем современные лампы.

Нить накала батарейной лампы — очень тонкий вольфрамовый волосок. Он раскаляется сразу же после включения тока и мгновенно охлаждается при выключении его. Если питать его переменным током, то он в такт с изменениями тока будет накаляться то сильнее (при наибольших значениях тока), то слабее (при наименьших значениях его). В результате эмиссия, а значит, и анодный ток

лампы, будет изменяться с удвоенной частотой переменного тока. Вследствие этого в телефоне или громкоговорителе, подключенном к усилителю, будет слышен сильный гул низкого тона, называемый фоном переменного тока. Поэтому нити накала батарейных ламп нельзя питать переменным током.

В лампе, предназначенной для аппаратуры с питанием от сети переменного тока, электроны излучает не нить накала, а подогреваемый ею металлический цилиндр (рис. 123). На поверхность такого катода нанесен «активный слой», способствующий более активному излучению электронов. Покрытая слоем теплостойкой изоляции нить накала находится внутри цилиндра и питается переменным током. Раскаляясь, она разогревает цилиндр, который и испускает электроны. Следовательно, нить накала такой лампы является как бы электрической цепочкой, подогревающей катод. Ее называют подогревателем, а лампы с катодом такого устройства именуют лампами с подогревными катодами или лампами с катодами косвенного накала.

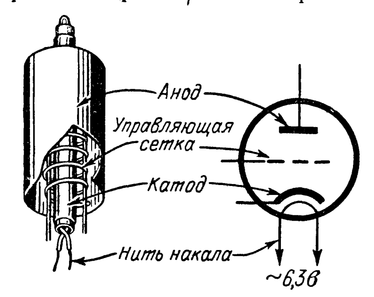


Рис. 123. Устройство и схематическое изображение лампы с подогревным катодом.

Почему так сложно устроен катод сетевой лампы?

Цилиндр обладает относительно большой массой, поэтому его температура при изменениях величины тока в подогревателе не изменяется. В результате эмиссия получается равномерной и при работе лампы в усилителе фон переменного тока не слышен.

Нить накала сетевой лампы обозначают на схемах так же, как в батарейной лампе, а цилиндрик-катод — утолщенной дужкой над нитью накала (рис. 123). Катод имеет отдельный вывод.

Нити накала большинства сетевых ламп рассчитаны на напряжение 6,3 *в* при токе 0,15—2 *а*. Оно подается от трансформаторов. Потребляемые подогревателями мощности тока во много раз больше, чем мощности, расходуемые на питание нитей накала батарейных ламп.

Сетевые лампы начинают действовать не мгновенно после включения тока, а только через 25—30 *сек* — после того как прогреется катод.

Отметим, что в выпрямителях и некоторых усилителях, питаемых от сети переменного тока, иногда все же используют лампы с катодами прямого накала. Но катоды таких ламп делают более толстыми, чем в батарейных лампах. Вследствие этого при периодических изменениях величины накаливающего тока их температура и электронная эмиссия изменяются мало.

Конструкции, маркировка и цоколевка радиоламп

Наша промышленность выпускает большое количество радиоламп различных типов, применяемых в самых разнообразных радиотехнических устройствах. В особую группу принято объединять радиолампы, используемые в приемниках, усилителях низкой частоты и телевизорах. Ее называют группой приемно-усилительных ламп. Именно с лампами этой группы тебе в основном и придется иметь дело.

Конструкции приемно-усилительных ламп весьма разнообразны. Современные стеклянные лампы своим видом напоминают пальцы, поэтому их часто называют пальчиковыми лампами.

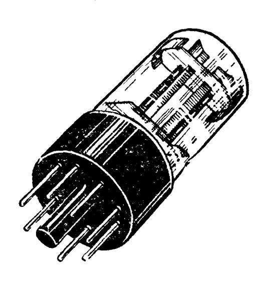
Есть еще так называемые сверхминиатюрные лампы.

Металлические баллоны имеют главным образом сетевые триоды и пентоды, предназначенные для усиления колебаний высокой и низкой частот. Значительная же часть сетевых ламп, а также все батарейные лампы, имеют стеклянные баллоны.

Металлические баллоны или металлизированные слои, нанесенные на стеклянные баллоны, являются экранами-стенками, ограничивающими распространение электрических полей, возникающих внутри ламп, а также защищающими лампы от воздействия на них внешних полей. Они обычно имеют самостоятельные выводы, которые соединяются с заземленным проводником радиоконструкции. Лампы такого устройства постепенно выходят из употребления, уступая место пальчиковым лампам.

Каждой лампе присвоено название, состоящее из цифр и букв, расположенных в определенном порядке, например: 1К1П, 1Б2П, 6Н8С, 6Ж8, 6П1П.

Первая цифра, входящая в наименование лампы, указывает округленно напряжение, на которое рассчитана ее нить накала (напряжение 6,3 *в* округляют до 6, напряжение 1,2 *в* — до 1). Второй знак в наименовании лампы — буква — характеризует число электродов лампы и ее назначение. Буквой Д обозначают диоды. Если диод предназначен для выпрямления переменного тока, в обозначении этой лампы стоит буква Ц. Буквой С обозначают триоды, буквами К и Ж — маломощные пентоды, буквой П — мощные пентоды и лучевые тетроды, буквой Е — электронно-лучевые индикаторы настройки. Частотно-преобразовательные лампы (с ними мы познакомим тебя позже) обозначают буквой А или И, двойные диоды — буквой Х. Триод, объединенный в одном баллоне с одним или двумя диодами, обозначают буквой Г, пентод с одним или двумя диодами — буквой Б, двойные триоды — буквой Н, триод-пентоды — буквой Ф.


Рис. 124. Радиолампа с октальным цоколем.

Следующий, третий, знак в наименовании лампы указывает порядковый номер данного типа лампы. Четвертый, последний, знак характеризует баллон лампы. Лампы со стеклянными баллонами относительно больших размеров обозначаются буквой С, пальчиковые лампы — буквой П, а сверхминиатюрные — буквой Б или А. Лампы старых типов с уменьшенным баллоном (так называемые малогабаритные) имеют в конце наименования букву М. Отсутствие в наименовании ламп четвертого знака указывает на то, что эта лампа имеет металлический баллон.

Зная условные обозначения, нетрудно расшифровать наименования ламп и их назначение. Вот несколько примеров.

1К1П — батарейная лампа. Ее нить накала (катод) рассчитана на 1,2 *в* (первый знак — цифра 1). Это пентод (второй знак — буква К), модель первая (третий знак — 1), баллон стеклянный пальчикового типа (четвертый знак — буква П).

Лампа 1Б2П: 1,2—вольтовый диод-пентод, вторая модель пальчикового типа.

Лампа 6Н1П: двойной триод с нитью накала на 6,3 *в*, первая модель пальчикового типа.

Лампа 6Ж8: пентод со стальным баллоном (отсутствует четвертый знак), нить накала рассчитана на напряжение 6,3 *в*, восьмая модель.

Лампа 6П1П: мощный сетевой пентод (лучевой тетрод) пальчиковой серии, модель первая.

Таким образом, название лампы дает некоторое представление о том, что она собой представляет и для какой цели пригодна.

Почти все лампы, кроме пальчиковых и сверхминиатюрных, имеют так называемый «о к т а л ь н ы й» цоколь (рис. 124), на котором по окружности расположены штырьки. В зависимости от числа электродов в лампе штырьков может быть от четырех до восьми. В середине цоколя, между штырьками, имеется направляющий «ключ», исключающий ошибочное включение лампы в панель. Панели для таких ламп имеют по восемь гнезд и отверстие для направляющего ключа (рис. 125).

Каждому штырьку на цоколе, находящемуся на определенном месте по отношению к «бородке» ключа, и соответствующему этому штырьку гнезду на ламповой

панели присвоен строго постоянный номер. Нумерация штырьков и гнезд идет от «бородки» направляющей ключа по движению часовой стрелки. При этом на цоколь лампы или ламповую панель надо смотреть снизу. Некоторые лампы имеют на верхней части баллона металлический контакт. Это вывод одного из электродов, обычно управляющей сетки. На него плотно надевается металлический хомутик или колпачок, соединяющийся с другими деталями гибким проводником.

Пальчиковые лампы цоколей не имеют, это бесцокольные лампы. У них штырьки — заостренные никелевые проволочки (рис. 126) — впаянны в утолщенное дно стеклянных баллонов. Независимо от количества электродов пальчиковые лампы имеют по семь или девять штырьков, расположенных по окружности на одинаковом расстоянии один от другого. Только в одном месте между штырьками расстояние вдвое больше, чем между всеми другими, благодаря чему исключается возможность ошибочного включения лампы в панель.

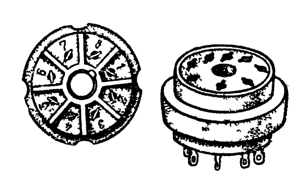


Рис. 125. Панель для лампы с октальным цоколем.

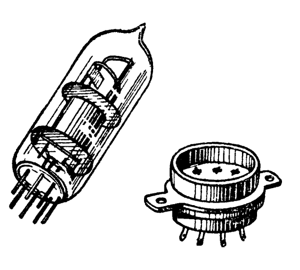


Рис. 126. Пальчиковая лампа и ее панель.

Панели для пальчиковых ламп имеют соответственно семь или девять гнезд. Нумерация штырьков ламп и гнезд панелей идет от большого участка между ними в направлении движения часовой стрелки. Имеется в виду, что и в этом случае на лампу и ее панель смотрят снизу.

Как узнать, с каким штырьком соединен тот или иной электрод лампы?

Во-первых, на принципиальных схемах рядом с выводами электродов обычно ставят цифры, соответствующие номерам их штырьков, чего в дальнейшем будем придерживаться и мы. Во-вторых, это можно узнать по справочным таблицам цоколевки ламп. Таблица цоколевки наиболее распространенных в радиолюбительской практике ламп помещается в конце книги. Там же имеются более полные сведения, характеризующие эти лампы.

* * *

Теперь ты знаком и с полупроводниковыми, и с электронными приборами. И вот невольно возникает вопрос: каким приборам отдавать предпочтение? На него могу ответить вопросом: а что ты собираешься конструировать? Да, дружок, всему свое место. Так обстоит дело с электронными и полупроводниковыми приборами.

O

БЕСЕДА ВОСЬМАЯ

Химические источники постоянного тока

Для питания транзисторных приемников и усилителей низкой частоты, переносной аппаратуры, для измерительных приборов ты постоянно будешь пользоваться гальваническими элементами, аккумуляторами или батареями, составленными из них.

Что представляют собой эти химические источники постоянного тока? Как они работают?

Гальванические элементы

Еще в первой беседе я познакомил тебя с устройством самого простого химического источника тока — гальванического элемента (см. рис. 9). В нем электродами служат разнородные металлические пластинки, а электролитом — раствор кислоты. Такие элементы имеют два недостатка. Первый недостаток заключается в том, что в элементе имеется едкая жидкость, которую можно пролить, расплескать. Второй недостаток — заметное влияние на работу элемента явления

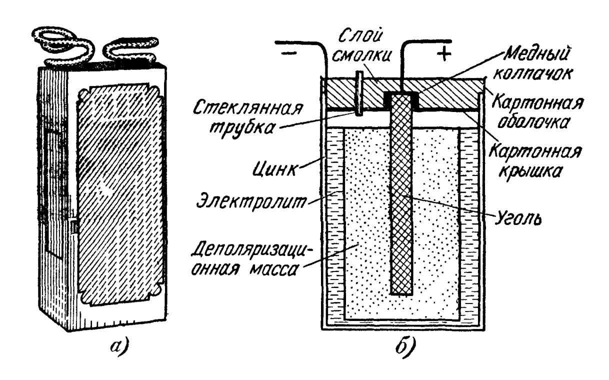


Рис. 127. Сухой элемент.

а — общий вид; *б* — устройство.

поляризации. Это явление заключается в следующем: в результате непрерывного разложения электролита током, протекающим внутри элемента, на положительном электроде оседают в виде пузырьков положительные ионы водорода, образуя на нем газовую пленку, препятствующую движению электрических зарядов.

Оба эти недостатка устранены в сухом элементе, устройство которого показано на рис. 127. Отрицательным электродом этого элемента служит его цинковая коробка прямоугольной формы или круглая; внутри коробки находится угольный стержень — положительный электрод, окруженный

деполяризатором — спрессованной смесью порошкообразного графита и двуокиси марганца, богатой кислородом. Деполяризатор вместе с угольным стержнем помещен в матерчатом мешочке. Свободное пространство между деполяризатором и стенками цинковой коробки заполнено пастообразным электролитом — раствором нашатыря с примесью крахмала или муки.

Цинковая коробка элемента заключена в картонную оболочку, пропитанную парафином. Сверху она закрыта картонной крышкой и залита смолкой. Сквозь смолку проходит тонкая стеклянная трубочка для выхода газов, выделяющихся вследствие химических реакций внутри элемента. Выводы от электродов сделаны гибкими изолированными проводниками.

При работе такого элемента, а работает он так же, как и элемент с жидким электролитом, выделяющийся водород химически соединяется с кислородом, содержащимся в молекулах двуокиси марганца деполяризатора. В результате этой реакции образуется вода, и газовой пленки на положительном электроде не получается. Такие элементы называют сухими элементами с марганцевой деполяризацией.

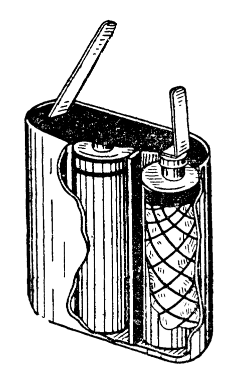


Рис. 128. Устройство батарейки для карманного фонарика.





Рис. 129. Гальванические элементы «Марс» и ФБС-0,25.

Широкое распространение получили элементы с воздушно-марганцевой деполяризацией. По своему устройству они почти не отличаются от обычных элементов с марганцевой деполяризацией. Но у них явление поляризации устраняется как при помощи кислорода, содержащегося в двуокиси марганца деполяризатора, так и при помощи кислорода воздуха, поступающего внутрь элемента через «дыхательное» отверстие. Благодаря такой усиленной деполяризации элементы с воздушно-марганцевой деполяризацией могут давать в несколько раз больший ток, чем таких же размеров элементы с марганцевой деполяризацией.

Сухие элементы работают до тех пор, пока от действия химической реакции не разрушится цинковый электрод и не изменится химический состав электролита и деполяризатора.

Вскрой разрядившуюся батарейку для карманного электрического фонаря (рис. 128). В ней три элемента. Рассмотри внимательно устройство любого из них. Его отрицательным электродом является цинковый цилиндрик с донышком, а положительным — угольный стержень, помещенный в полотняный мешочек с деполяризатором. Пустоты заполнены электролитической пастой. Сверху элемент залит слоем смолки.

Как видишь, устройство элемента батарейки для карманного фонаря и элемента, показанного на рис. 127, одинаково. Они различаются в основном лишь размерами. Точно так же устроены гальванические элементы «Сатурн» (элемент

«373»), ФБС-0,25 (элемент «332»), которые ты видишь на рис. 129, и некоторые другие элементы, широко используемые для питания самой различной аппаратуры приборов.

В некоторых батареях, например в батареях типа «Крона», элементы имеют форму галеты (рис. 130), поэтому их называют элементами галетного типа. Отрицательным электродом элемента этого типа служит цинковая пластинка, а положительным — поляризационная масса, состоящая из смеси двуокиси марганца и графита, которая обернута тонкой бумагой. Между электродами имеется картонная прокладка. Галета пропитывается электролитом и прочно стягивается тонкой пленкой эластичного пластиката. При сборке батареи отдельные галеты укладывают в виде столбика и сжимают. При этом края пластикатовых пленок плотно прилегают одна к другой, образуя сплошную оболочку столбика, предохраняющую от испарения воды из электролита.

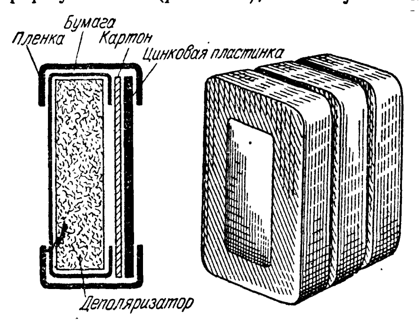


Рис. 130. Элементы галетного типа.

Один гальванический элемент независимо от его конструкции развивает напряжение около 1,5 *в*. Ток же, который можно потреблять от элемента, определяется главным образом размерами его электродов и обычно не превышает 0,2—0,3 *а*. Чтобы получить бо́льшее напряжение или бо́льший ток, элементы соединяют в батареи.

Соединение элементов в батарею

Существует три вида соединения элементов в батареи: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательное соединение элементов в батарею показано на рис. 131. Здесь положительный полюс правого элемента — плюс батареи, а отрицательный полюс левого элемента — минус батареи. Точно так же соединены элементы

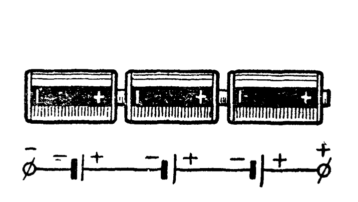


Рис. 131. Последовательное соединение элементов в батарею.

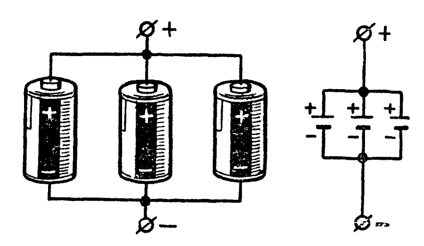


Рис. 132. Параллельное соединение элементов в батарею.

батарейки для карманного фонарика. При таком соединении элементов напряжение батареи равно сумме напряжений всех входящих в нее элементов. Если, например, соединить последовательно три элемента, каждый из которых дает напряжение 1,5 *в*, то напряжение батареи будет 4,5 *в*. От такой батареи можно потреблять ток величиной не больше, чем может дать каждый в отдельности взятый элемент.

Когда нужно получить бо́льший ток, чем может дать один элемент, элементы соединяют в батарею одноименными полюсами — параллельно, как показано на

рис. 132. Такая батарея может дать во сто́лько раз бо́льший ток, чем один элемент, сколько элементов соединено в батарею. Если, например, один элемент может отдавать ток 0,1 *а*, а требуется ток 0,5 *а*, нужно параллельно соединить пять таких элементов. Напряжение такой батареи равно напряжению одного элемента.

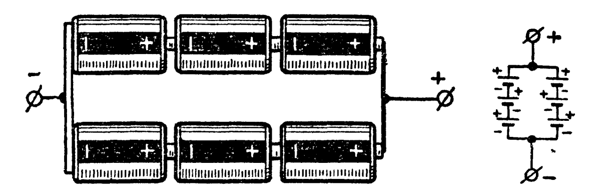


Рис. 133. Смещенное соединение элементов в батарею.

Когда требуется одновременно увеличить и напряжение, и ток, прибегают к смешанному соединению элементов в батарею: элементы сначала соединяют последовательно в группы до требуемого напряжения, а затем эти группы соединяют параллельно (рис. 133). Возможен и другой способ смешанного соединения элементов: сначала элементы соединяют параллельно по нескольку штук в группы, а потом эти группы соединяют последовательно.

Промышленные элементы и батареи

Наша промышленность выпускает много различных типов элементов и батарей. Внешне одиночные элементы различаются размерами, формой, а внутреннее устройство их почти одинаково. Батареи же представляют собой блоки соединенных элементов. Есть блоки, объединяющие по две батареи, например, накальную и анодную, и даже по три: накальную, анодную и сеточную. Такие блоки предназначаются для питания экономичных ламповых батарейных приемников.

Наименования элемента и батареи, имеющиеся на их этикетках, состоят из ряда цифр и букв, характеризующих данный источник тока, например, 1,3-НВМЦ-150, 102-АМЦ-У-2. Здесь первая группа цифр указывает начальное напряжение в вольтах, последняя — начальную емкость в ампер-часах. Одна или несколько букв, стоящих за первой группой цифр, являются сокращенным обозначением назначения элемента или батареи: А — анодная, Н — накальная, Ф — фонарная, АН — анодно-накальная, АС — анодно-сеточная, СА — слуховая (для питания слухового аппарата) анодная, СН — слуховая накальная, АНС — анодно-накальная-сеточная. Следующие одна или две буквы характеризуют систему деполяризации: М — марганцевая, ВМ — воздушно-марганцевая, ВД или В — воздушная. Буква Ц означает, что отрицательные электроды элементов цинковые. Затем может стоять буква Г — элементы галетного типа и буква Ч — элементы чашечкового типа. Батареи из элементов стаканчикового типа дополнительных букв в наименовании не имеют. Далее может быть буква Х — холодостойкий или буква У — универсальный источник тока. Летние элементы и батареи в своих наименованиях могут этих букв не иметь.

Для примера расшифруем наименования тех источников тока, о которых мы сейчас упомянули. Наименование элемента 1,3-НВМЦ-150 расшифровывается так: начальное напряжение 1,3 *в* (первая группа цифр), накальный (буква Н), воздушно-марганцевой деполяризации (буквы ВМ), отрицательный электрод цинковый (буква Ц), летний (нет буквы, характеризующей температурные условия), начальная емкость 150 *а·ч* (последняя группа цифр). Наименование 102-АМЦГ-У-1,2 означает: анодная батарея с начальным напряжением 102 *в*, марганцевой деполяризации, с цинковым отрицательным электродом, галетная, универсальная, начальная емкость 1,2 *а·ч*.

В наименованиях некоторых батарей после цифр емкости может стоять маленькая буква «п», например 1,2-НВМЦ-525п. Она означает, что выводные провода батареи подведены к панели, в которую вставляется переходная колодка шланга питания.

Такая система обозначения элементов и батарей введена несколько лет назад. Она является основной системой, позволяющей получить полную характеристику этих источников постоянного тока. Но наряду с ней в настоящее время действует система торгового наименования элементов и батарей. Батареи 3,7-ФМЦ-0,5, например, предназначающиеся для плоских карманных фонарей, именуют батареями КБС-Л-0,50, элементы 1,3-ФМЦ-0,25 — элементами ФБС-0,25. Малогабаритные батареи, выпускаемые нашей промышленностью специально для переносных транзисторных приемников, именуют батареями «Крона ВЦ» (рис. 134). Батарея «Крона ВЦ» состоит из семи элементов галетного типа.

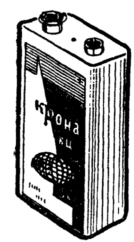


Рис. 134. Батареи «Крона».

Справочную таблицу гальванических элементов и батарей, наиболее широко используемых радиолюбителями для питания их конструкций, ты найдешь в конце книги (см. приложение 5).

В шестой графе таблицы указываются минимальные сопротивления цепей, на которые рекомендуется разряжать тот или иной источник тока. По этим сопротивлениям можно судить о допустимых разрядных токах, при которых элементы и батареи наиболее эффективно отдают свои емкости. Элемент 1,3-НВМЦ-150, например, рекомендуется подключать к цепи с сопротивлением не менее 5 *ом*. В этом случае свежий элемент будет (по закону Ома) отдавать цепи ток, равный 0,26 *а* ($I=U/R=1,3/5$), т. е. 260 *ма*. Если разряжать его бо́льшим током, подключив, скажем, к цепи с меньшим сопротивлением, чем 5 *ом*, он не отдаст всей своей емкости.

В последней графе таблицы указаны сроки сохранности элементов и батарей. Имей в виду, что к концу этих сроков напряжения и емкости источников тока за счет саморазряда снижаются примерно на 15—20%.

Аккумуляторы и аккумуляторные батареи

Аккумуляторы называют вторичными источниками тока. Это значит, что они не сами вырабатывают ток, как гальванические элементы, а только отдают электрическую энергию, накопленную ими во время з а р я д к и их другим источником постоянного тока. Аккумуляторы допускают многократные заряды и разряды, чем они выгодно отличаются от гальванических элементов.

Наша промышленность выпускает много типов аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Но в практике ты будешь использовать в основном лишь герметичные малогабаритные к а д м и е в о - н и к е л е в ы е аккумуляторы, разработанные специально для питания переносной аппаратуры на транзисторах. Они имеют форму диска величиной с двух-трехкопеечную монету и напоминают внешним видом пуговицу. Поэтому, видимо, радиолюбители называют их пуговичными аккумуляторами.

Внешний вид и устройство дискового кадмиево-никелевого аккумулятора показаны на рис. 135. Он собран в стальной никелированной банке, состоящей из двух частей — корпуса и крышки. Эти части изолированы друг от друга эластичной герметизирующей прокладкой и являются контактными выводами электродов аккумулятора: крышка — отрицательным, сам корпус — положительным. Внутри находятся электроды, разделенные сеткой и пористой изоляционной прокладкой — с е п а р а т о р о м. Электроды сжимаются пружиной, что придает всей конструкции жесткость. При сборке банку аккумулятора наполняют электролитом.

Наиболее распространены аккумуляторы типов Д-0,06, Д-0,1 и Д-0,25. Буква Д в наименовании означает «дисковый», а цифры показывают электрическую

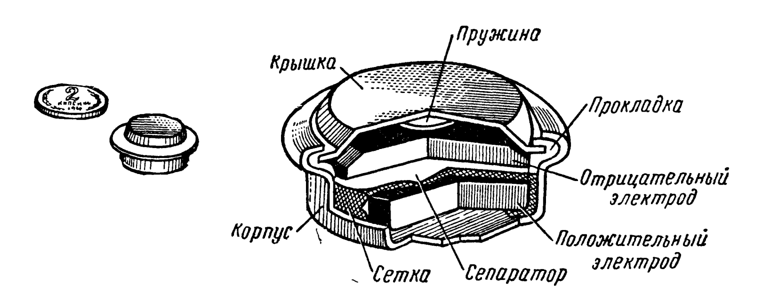


Рис. 135. Малогабаритный кадмиево-никелевый аккумулятор.

емкость аккумулятора в ампер-часах. Эти аккумуляторы отличаются друг от друга только размерами. Чем больше размер аккумулятора, тем больше его емкость. Самый большой из них — аккумулятор Д-0,25 — имеет диаметр 20 *мм*.

Электродвижущая сила заряженного аккумулятора равна 1,5 *в*, напряжение 1,25 *в*. Аккумулятор считается разряженным, когда его напряжение снизится до 0,7—1 *в*. Разряженный аккумулятор надо зарядить, пропуская через него постоянный ток, равный примерно десятой части емкости аккумулятора в течение 12 часов. При зарядке аккумулятора его электроды соединяют с одноименными полюсами источника постоянного тока.

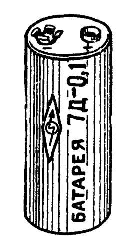


Рис. 136. Аккумуляторная батарея типа 7Д-0,1.

Если надо получить бо́льшее напряжение, чем может дать один аккумулятор, из них, как и из гальванических элементов, можно составить батарею, соединив последовательно соответствующее число аккумуляторов. Именно так и устроены аккумуляторные батареи типа 7Д-0,1 (рис. 136), предназначенные для питания малогабаритной аппаратуры, потребляющей от источников питания сравнительно небольшие токи. В батарее 7Д-0,1 семь соединенных последовательно аккумуляторов Д-0,1, которые заключены в пластмассовый корпус. Начальное напряжение батареи около 9 *в*. Если напряжение упало до 7 *в*, батарея считается разряженной. Чтобы она вновь стала работоспособной, ее надо зарядить.

Для зарядки аккумуляторов нужен выпрямитель, о котором я расскажу в следующей беседе. А основные данные режимов зарядки дисковых аккумуляторов и аккумуляторной батареи 7Д-0,1 ты найдешь в приложении 6.

Выбор источников тока и обращение с ними

Для питания подавляющего большинства транзисторных приемников и усилителей, измерительных приборов на транзисторах и пробниках, потребляющих сравнительно небольшие токи, годятся батареи КБС-Л-0,50, «Крона ВЦ», 7Д-0,1, а также гальванические элементы и дисковые аккумуляторы. Все эти источники питания вполне подойдут по разрядному току. Надо лишь выбрать те из них, которые обеспечивают нужные напряжения.

Допустим, что тебе для питания транзисторного приемника нужна батарея с напряжением 9 *в*. Средний ток, потребляемый приемником, 10 *ма*. Ток небольшой, значит, питать приемник можно от батареи «Крона ВЦ», 7Д-0,1 или составить ее из двух батарей КБС-Л-0,50, соединив их последовательно. Но для питания такого приемника ты можешь составить батарею из элементов ФБС-0,25, «Сатурн», «Марс» или из дисковых аккумуляторов. Семь таких элементов или аккумуляторов, соединенных последовательно, дадут нужное напряжение. Более компактная

батарея получится из аккумуляторов, если их поместить в подходящего диаметра пластмассовую или картонную трубку (рис. 137). Пружинные контакты такой батареи будут прижимать аккумуляторы друг к другу и одновременно будут выводами батареи.

Но вот вопрос, который должен тебя заинтересовать: как долго будет работать батарея? Для этого надо емкость батареи разделить на ток, потребляемый от нее. Предположим, что для питания того же приемника ты решил использовать аккумуляторную батарею 7Д-0,1. Приемник будет работать около 10 часов. Значительно дольше будет работать батарея «Крона ВЦ» или составленная из двух батарей КБС-Л-0,50.

Еще пример. Для питания усилителя туристского радиоузла, о котором речь пойдет в восемнадцатой беседе, нужна батарея с напряжением около 12 *в*. Средний ток, потребляемый усилителем от батареи, составляет примерно 50 *ма*. Такую батарею можно составить из трех батарей КБС-Л-0,50. Ее начальное напряжение будет немногим больше 12 *в*. Сколько времени будет работать такая батарея? Немного — всего 10—12 *ч*. Если же две такие батареи соединить параллельно, т. е. воспользоваться смешанным соединением, то они будут работать в два раза дольше. А если для питания этого радиоузла составить батарею из десяти элементов «Сатурн»? Она будет работать более 30 *ч*. Еще лучше питать этот радиоузел от 12-вольтовой автомобильной аккумуляторной батареи — ее емкости хватит на весь летний отдых.

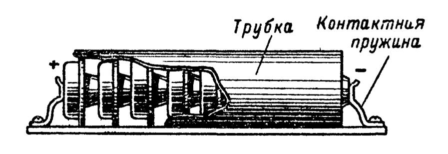


Рис. 137. Батарея, составленная из аккумуляторов.

Несколько сложнее обстоит дело с подбором нужного комплекта источников тока для питания приемника, в котором используются батарейные радиолампы. В этом случае надо исходить из необходимых для его работы напряжений и токов как накальных, так и анодной батарей.

Допустим, что в приемнике работают пальчиковые лампы батарейной серии. Для питания анодно-экранных цепей нужна батарея с напряжением 60 *в*, а для питания накальных цепей батарея с напряжением 1,2 *в*. Токи, потребляемые приемником от батарей: от анодной — около 8 *ма*, от накальной — 240 *ма*. Из анодных батарей по разрядному току подходит любая батарея, кроме батарей, предназначенных для слуховых аппаратов. Из батарей накала по напряжению и разрядному току наиболее подходящей будет батарея 1,28-НВМЦ-525 или 1,28-НВМЦ-525п. Можно также взять два элемента 1,3-НВМЦ-150 и соединить их параллельно; получится батарея, допускающая разрядный ток 240 *ма*.

Когда батареи выбраны, можно произвести ориентировочный расчет времени работы комплекта батарей. Предположим, что для питания такого приемника мы используем анодную батарею 70-АМЦ-У-1,3 и батарею накала, составленную из двух соединенных параллельно элементов 1,3-НВМЦ-150. Если считать, что приемник потребляет от анодной батареи ток 8 *ма* (0,008 *а*) и от батареи накала 240 *ма* (0,24 *а*), то анодная батарея сможет непрерывно работать $1{,}3 : 0{,}008 \approx 160$ *ч*, а накальная батарея $150 : 0{,}24 = 625$ *ч*.

Батареи и элементы надо оберегать от резких ударов и толчков. При высокой температуре окружающего воздуха элементы могут быстро высохнуть. В сырых помещениях изоляция элементов и батарей снижается, а это приводит к их саморазряду.

Когда приемником или усилителем не пользуешься, отключай от них батареи.

Никогда не испытывай годность элементов или батарей «на искру». Такие «испытания» резко снижают их запас энергии.

Часто сухой элемент перестает давать ток из-за высыхания в нем электролита. Такой элемент можно «оживить». Для этого в его верхней смоляной заливке просверли два отверстия и через одно из них налей в элемент дистиллированной

или дождевой воды. Если стакан цинкового электрода не разъеден, то он не будет пропускать воду, в элементе образуется электролит и элемент снова будет давать ток. Доливать воду можно несколько раз, пока не разрушится цинковый стакан.

Самодельные элементы

Для питания транзисторного приемника в домашних условиях можно использовать самодельные элементы.

Наиболее простым и доступным для самостоятельного изготовления является так называемый медно-цинковый элемент. Положительным электродом такого элемента служит медная пластинка или спираль, отрицательным электродом — цинковая или свинцовая пластинка или цилиндрик, а электролитом — раствор медного и цинкового купоросов. Величина тока такого элемента пропорциональна его размерам: чем больше элемент, тем больший ток он может дать. Элемент, собранный в полулитровом сосуде, дает ток около 40 *ма*, а в сосуде емкостью 1 *л* — около 80 *ма*. Независимо от размеров элемент дает напряжение не больше 1 *в*. Соединяя элементы в батарею, можно получить бóльший ток при бóльшем напряжении.

Рис. 138. Устройство и детали медно-цинкового элемента.

Элементы можно собирать в стеклянных сосудах, используя, например, стеклянные банки из-под консервов.

Устройство такого элемента и его детали показаны на рис. 138, *а*. На дне сосуда находится положительный электрод — кружок, вырезанный из листовой меди, или спираль из голой медной проволоки диаметром 1—1,5 *мм* (рис. 138, *в*). На вывод этого электрода надета резиновая трубочка или он покрыт слоем смолы или вара. Над положительным электродом расположен цинковый незамкнутый цилиндр — отрицательный электрод элемента (рис. 138, *б*). Он укреплен на крышке сосуда и также имеет вывод. Сосуд элемента наполнен электролитом.

Рис. 139. Самодельный медно-цинковый элемент.

Отрицательный электрод изготовь из листового цинка (не путай с оцинкованной сталью) толщиной 0,8—1 *мм*. Сначала вырежь из цинка прямоугольную пластину такого размера, чтобы диаметр свернутого из нее неполного цилиндра был немного меньше внутреннего диаметра сосуда и нижний край его не доходил до дна на 40—45 *мм*. С одной стороны пластины сделай прорези так, чтобы получились три лапки-отростка. Затем сверни пластину на круглой болванке в цилиндр (рис. 138, *б*). Отростки цилиндра продень через прорезы в крышке и с внешней стороны отогни. Рекомендую по имеющейся банке сделать сначала картонный шаблон с лапками, а уже по нему вырезать из цинка электрод.

Крышку элемента сделай из двух фанерных кружков разных диаметров: один из них должен быть равен внутреннему, а другой — внешнему диаметру сосуда.

Когда элемент собран (рис. 139), насыпь на его положительный электрод 20—30 *г* медного купороса (в кристаллах). В 1 *л* дистиллированной или дождевой воды раствори 100 *г* глауберовой или поваренной соли. Этим электролитом наполни

сосуд. Уровень электролита должен на 8—10 *мм* не доходить до верхнего края цинкового электрода. Через некоторое время медный купорос растворится и жидкость на дне станет синей.

Чтобы привести элемент в действие, замкни его электроды между собой на 10—15 *мин*. После этого перемычку, закорачивающую электроды, удали — элемент можно пускать в работу.

Уход за самодельными медно-цинковыми элементами или батареей, составленной из них, несложен. Он сводится в основном к наблюдению за сохранением определенного уровня раствора медного купороса. Во время работы элемента синий слой раствора должен находиться только в нижней части сосуда. Нельзя допускать, чтобы верхняя граница его поднималась до нижнего края цинка, иначе действие элемента ухудшится, а цинк будет быстро разрушаться. Поэтому такие элементы не допускают переноски и сотрясений. Элементы надо собирать и заливать их электролитом в том месте, где они будут стоять неподвижно при работе.

Если верхняя граница слоя синей жидкости понизится, то в элемент нужно будет очень осторожно опустить несколько кристалликов медного купороса. А если эта граница подойдет близко к цинку, то электроды элемента нужно на некоторое время замкнуть накоротко, пока она не опустится до требуемого уровня. Избыток раствора можно также выкачать из сосуда при помощи резиновой спринцовки с надетой на ее длинной стеклянной трубкой.

С течением времени вода электролита испаряется, поэтому ее приходится доливать, но не взбалтывая раствора. Для предотвращения испарения на поверхность электролита можно пустить несколько капель растительного или вазелинового масла, которое образует на поверхности электролита пленку, задерживающую испарение.

Если на цинке и краях сосуда появятся мелкие кристаллики, это укажет на слишком большую крепость электролита. В этом случае следует осторожно удалить часть электролита и добавить в элемент воды. Края сосуда и цинкового электрода, а также выводы электродов желательно смазать вазелином или салом.

Собирать самому гальванические элементы — дело, конечно, хлопотливое, поэтому советую тебе заняться им только в том случае, когда по каким-либо причинам приобрести элементы не удалось.

○

Твоя мастерская

Надеюсь, что мои беседы и навыки труда, приобретенные в школе, помогли тебе сделать первый практический шаг в радиотехнику — построить и испытать простенькие приемники, провести некоторые опыты, эксперименты. Но уже на этом коротком пути тебе пришлось обзавестись кое-какими столярными, слесарными и монтажными инструментами, материалами, деталями. Это твое «хозяйство» будет постепенно пополняться.

В дальнейшем, кроме того, должно определиться твое постоянное место, где бы, не мешая другим и не нанося вреда домашним вещам, можно было с удобством пилить, строгать, клеить, сверлить, паять, красить — словом, мастерить. Это будет твой рабочий уголок.

Вот о таком уголке, о приемах монтажных работ, о технологии изготовления некоторых деталей я и хочу поговорить в этой беседе.

Верстачная доска

Прежде всего советую сделать верстачную доску, показанную на рис. 140. Ее можно положить на стол или широкую скамейку и она заменит столярный верстак, а закончив работу, ты можешь снять ее и убрать. Впрочем, ее можно укрепить на столбиках в чулане или сарайчике, если ты сам собираешься оборудовать свою мастерскую.

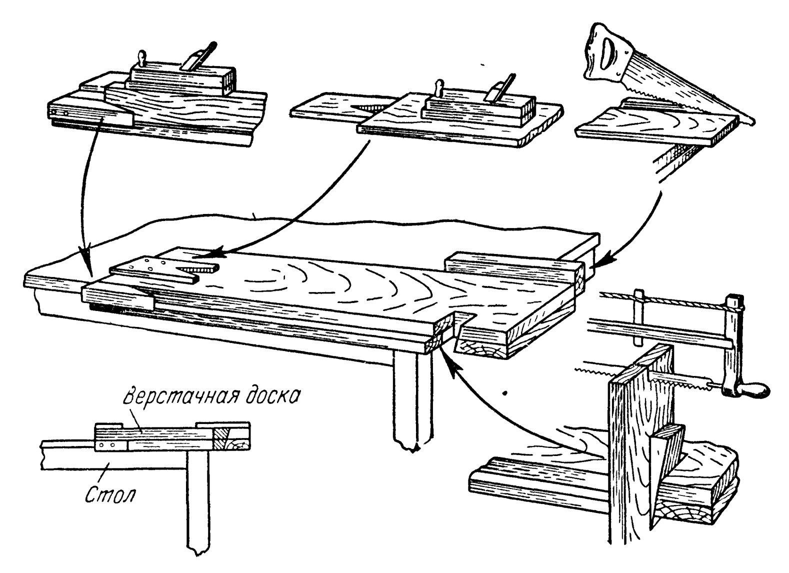


Рис. 140. Верстачная доска.

Подбери сухую, без сучков доску длиной около 1,5 *м*, шириной 250—300 и толщиной 40—50 *мм* и хорошенько обстругай ее, чтобы она стала со всех сторон ровной и гладкой. Чем толще будет доска, тем прочнее и устойчивее получится рабочий верстак. Сырая доска не годится, так как, высыхая, она будет коробиться и трескаться.

Снизу к доске, вдоль ее ребра, прибей деревянный брусок, выпустив его на 15—20 *мм* из-под доски. К правому концу, тоже снизу, прибей отрезок широкой доски, но так, чтобы волокна ее располагались не вдоль, а поперек основной доски. Прибитые снизу брусок и отрезок доски будут удерживать верстачную доску на краю стола.

На левом конце доски укрепи «ласточкин хвост» — упор для строгания брусков и досок. Он представляет собой дощечку длиной примерно 200, шириной 150 и толщиной 10—12 *мм* с клинообразным вырезом. Укрепляя этот упор, шляпки гвоздей или шурупов утопи поглубже, чтобы не повредить о них металлическую часть рубанка или фуганка.

Рядом с «ласточкиным хвостом» привинти или прибей к верстачной доске еще один упор для строгания ребер досок. Этот упор — брусок твердой породы древесины, например бука, дуба, клена, спиленный наискось. Между ним и ребром верстачной доски образуется клинообразный промежуток, в который вставляется конец обрабатываемой доски. Снизу доска будет удерживаться краем бруска, выступающим из-под верстачной доски.

На другом конце верстачной доски, отступив от края на 120—150 *мм*, сделай вырез. В нем ты будешь закреплять клином доску, когда потребуется распилить ее вдоль, прострогать ее торец или запилить шипы. В этот вырез можно также зажать две дощечки, когда их надо склеить. Со стороны, противоположной вырезу, прибей отрезок бруска или толстой доски. Это — барьер — упор, к которому ты будешь прижимать брусок, дощечку или фанеру, чтобы отпилить конец, свисающий с верстачной доски.

Верстачную доску ты можешь использовать и для слесарных работ, если на это время будешь привертывать к ней настольные тиски и отрезок углового железа.

Рабочий стол

А для поделки мелких деталей, сборки, монтажа и налаживания твоих конструкций, приборов подойдет любой стол — письменный, кухонный, обеденный. Но чтобы стол не повредить, сделай доску, которую будешь накладывать на него во время работы.

Такая доска, положенная на письменный стол, показана на рис. 141. Для ее изготовления потребуются лист фанеры толщиной 4—6 *мм* и четыре деревянных бруска сечением примерно 20×25 *мм*. Три бруска прибей вдоль переднего и боковых краев фанеры с таким расчетом, чтобы между ними точно вписывалась крышка стола. Этой стороной фанера будет накладываться на стол. Четвертую планку прибей вдоль заднего края фанеры, но с другой, верхней, стороны фанеры. У тебя получится щит, который благодаря трем нижним брускам не будет двигаться по столу. Верхний брусок будет служить бортиком.

Если ты будешь заниматься монтажными работами на большом столе, то сделай щиток, который можно было бы положить на угол стола. В этом случае снизу к фанере прибей не три, а два ограничительных бруска, а оставшиеся два бруска прибей с верхней стороны фанеры.

Готовый щит зачисть шкуркой, протрави морилкой или раствором марганцевокислого калия (марганцовки), покрой лаком или покрась масляной краской. В правом заднем углу монтажного щита укрепи дощечку с тремя штепсельными розетками. Розетки соедини параллельно. При помощи соединительного шнура ты будешь подключать розетки к электросети.

Почему три розетки? Для удобства налаживания приемников, усилителей и других приборов, питающихся от электросети: одна — для электропаяльника, вторая — для испытываемой конструкции, третья — для настольной лампы, чтобы вид-

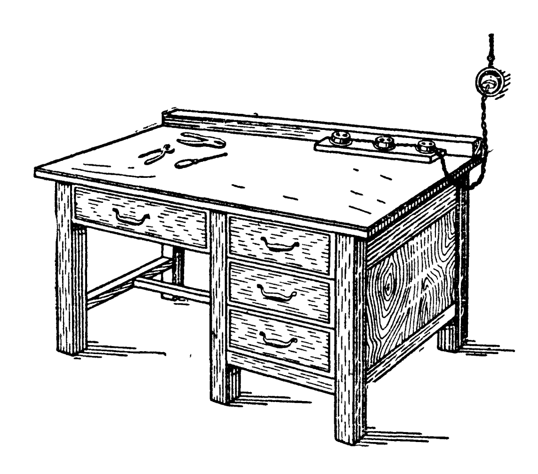


Рис. 141. Монтажный стол.

нее было. Желательно, чтобы розетка, в которую будешь включать вилку шнура электрораспределительной колодки, была оборудована плавкими предохранителями на 2—3 *а*. Если случайно произойдет замыкание в паяльнике или испытываемой конструкции, то перегорят предохранители распределительной колодки, а не квартирной электросети.

Научись хорошо паять

О важности хороших, надежных электрических контактов между проводниками и деталями мы уже говорили, ибо надежные соединения и прочность монтажа обеспечиваются только при помощи пайки.

Основным инструментом для пайки является паяльник — стержень или кусок красной меди, нагреваемый на огне или электрическим током до температуры плавления припоя. Конец стержня запилен наподобие клина — это рабочая часть, или жало, паяльника.

Радиолюбители пользуются электрическими паяльниками, показанными на рис. 142. Стержень электрического паяльника вставлен в металлическую трубку. Трубка обернута слюдой. Поверх слюды намотана нихромовая проволока — это нагревательный элемент паяльника. Сверху проволока защищена слоем асбеста и металлическим кожухом. На другой конец трубки насажена деревянная ручка. При помощи вилки на шнуре, соединенном с нагревательным элементом, паяльник включают в штепсельную розетку электрической сети. Электрический ток раскаляет проволоку, а проволока отдает тепло медному стержню и нагревает его.

Наша промышленность выпускает несколько типов электрических паяльников, рассчитанных на электрические сети с напряжением 127 и 220 *в*. Значение напряжения, на которое рассчитан паяльник, выштамповано на его металлическом кожухе.

На рис. 142 показаны две наиболее распространенные конструкции электрических паяльников. Один из них (рис. 142, *а*) имеет два сменных стержня: Г-образный и прямой. При работе в трубку нагревательного элемента вставляют тот стержень, которым удобнее работать. Второй паяльник (рис. 142, *б*) снабжен одним, более тонким и длинным стержнем по сравнению с первым, который не сменяется. Но основное различие между этими паяльниками заключается не только в их стержнях: первый паяльник более мощный, им можно паять массивные детали и даже ремонтировать небольшие хозяйственно-бытовые вещи; второй паяльник менее мощный и предназначен в основном для радиомонтажа.

Желательно, конечно, иметь два паяльника разных мощностей. Но если такой возможности нет, предпочтение надо отдать второму паяльнику.

Для пайки нужны еще припой и флюс.

Припоями называют легкоплавкие металлические сплавы, с помощью которых производят пайку. Иногда для пайки применяют чистое олово. Оловянная палочка имеет светлую серебристо-матовую поверхность и при изгибе или сжатии плоскогубцами издает хрустящий звук. Но чистое олово сравнительно дорого, поэтому применяют его только для залуживания и пайки посуды, предназначенной для приготовления и хранения пищи.

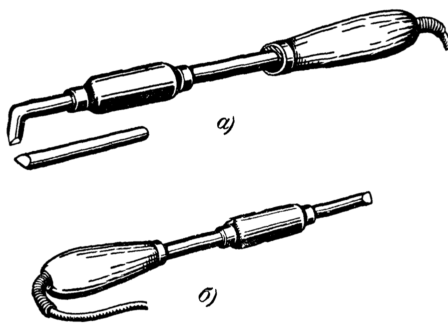


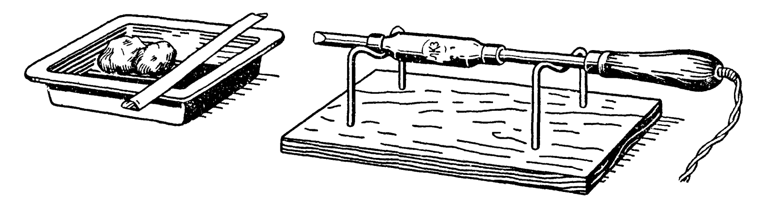
Рис. 142. Электрические паяльники.

Для радиомонтажа обычно применяют оловянно-свинцовый припой, представляющий собой сплав олова и свинца. С виду он похож на чистое олово, но менее светлый — матовый.

Чем больше в припое свинца, тем он темнее. Однако по прочности спайки оловянно-свинцовый припой не уступает чистому олову. Плавится он при температуре 180—200° С. Удобнее пользоваться кусочком припоя в виде палочки.

Флюсами называют вещества, которые применяют для того, чтобы подготовленные к пайке места деталей или проводников не окислялись во время прогрева их паяльником. Без флюса припой не будет «прилипать» к поверхности металла.

Флюсы бывают разные. В мастерских, например, где ремонтируют металлическую посуду и другой домашний инвентарь, применяют «паяльную кислоту». Это раствор цинка в соляной кислоте. Для монтажа радиоаппаратуры такой флюс совершенно непригоден, так как при прикосновении к нему паяльника он разбрызгивается, загрязняет монтаж и со временем разрушает соединения, мелкие детали. Даже небольшая капелька кислоты, попавшая на тонкий обмоточный провод, через короткий промежуток времени переедает его.


Рис. 143. Подставка для паяльника.

Для радиомонтажа пригодны только такие флюсы, в которых совершенно нет кислоты. Одним из таких флюсов является канифоль. Если пайка производится в легко доступных местах, используют канифоль в кусочках. В тех случаях, когда трудно добраться до детали с кусочком канифоли, используют густой раствор канифоли в денатурированном или техническом спирте. Чтобы канифоль хорошо растворялась, ее нужно размельчить в порошок и всыпать в спирт. Так как спирт быстро улетучивается, такой флюс следует хранить в пузырьке с притертой пробкой, например из-под одеколона. Спиртово-канифольный флюс наноси на спаиваемые места при помощи тонкой палочки или кисточки.

Рекомендую для паяльника сделать подставку, а припой и канифоль держать в баночке (рис. 143) из алюминия. Эти простые приспособления создадут удобства в работе, а паяльник, припой и канифоль будут при этом содержаться в чистоте.

Умение хорошо паять — своего рода искусство, которое дается не сразу, а в результате некоторой практики. Секрет прочной и красивой пайки заключается в аккуратности и чистоте: если плохо зачищены проводники, загрязнен, плохо нагрет или перегрет паяльник, никогда не будет хорошей пайки.

Недостаточно горячий паяльник превращает припой в кашицу, которой паять нельзя. Признаком достаточного прогрева паяльника являются вскипание канифоли и обильное выделение дыма при соприкосновении ее с паяльником. Нормально нагретый паяльник хорошо плавит припой и не окисляется.

Рабочий конец паяльника должен быть всегда горячим и хорошо залужен — покрыт тонким слоем припоя. Залуживают паяльник так. Его разогревают, зачищают жало напильником или наждачной бумагой, опускают в канифоль и прикасаются им к кусочку припоя. После этого жало быстро трут о дерево, чтобы вся его поверхность покрылась тонким слоем припоя. Если припой не пристает даже к хорошо прогретому жалу, его нужно еще раз зачистить и вновь залудить. Паяльник можно считать хорошо залуженным тогда, когда жало равномерно покрыто слоем припоя и с его кончика при нагреве свисает капелька припоя.

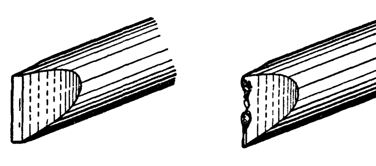


Рис. 144. Рабочий конец паяльника: слева — правильно запиленный, справа — «выгоревший».

Рабочий конец любого паяльника со временем «выгорает», на нем образуются углубления — раковины. Придать ему правильную форму можно с помощью напильника. Наиболее правильная и удобная форма рабочей части паяльника показана на рис. 144.

Места проводников или деталей, предназначенные для спайки, должны быть зачищены до блеска и залужены. Пайка без залуживания отнимает больше времени и менее надежна. Залуживание проводников удобнее делать так: зачищенным проводником коснуться канифоли и хорошо прогреть его паяльником (рис. 145). Канифоль, расплавляясь, покрывает поверхность проводника, и припой, имеющийся на паяльнике, растекается по нему. Поворачивая проводник и медленно передвигая по нему жало паяльника, легко добиться равномерного покрытия поверхности проводника тонким слоем припоя.

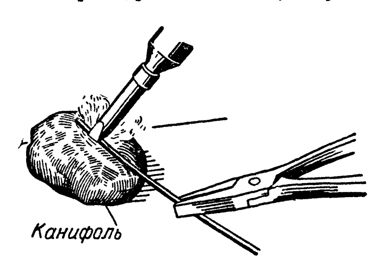


Рис. 145. Залуживание проводника.

Если при пайке будешь использовать жидкий канифольный флюс, то смачивай залуживаемую деталь этим флюсом при помощи палочки или кисточки, а затем прогревай деталь паяльником до тех пор, пока припой не растечется по ее поверхности.

Чтобы спаять залуженные проводники или детали, их надо плотно прижать друг к другу и к месту их соприкосновения приложить паяльник с капелькой припоя на жале. Как только место пайки прогреется, припой растечется и заполнит промежуток между деталями. Плавным движением паяльника следует равномерно распределить припой по всему месту спайки, а излишек снять паяльником же. После этого паяльник можно удалить — припой быстро затвердеет и прочно скрепит детали. Очень важно, чтобы спаянные детали после удаления паяльника не сдвигались с места, пока затвердевает припой, иначе пайка будет непрочной.

Если невозможно залудить поверхности спаиваемых деталей раздельно, их надо плотно прижать друг к другу, смазать место соприкосновения жидким канифольным флюсом (или поднести к нему кусочек канифоли) и прогреть паяльником, предварительно взяв на него припой. Прогревать детали следует до тех пор, пока припой не растечется по всему месту спайки.

Запомни: хорошей пайкой можно считать такую, при которой припой лежит не комком, а обливает место пайки со всех сторон.

Начинающие, еще не имеющие опыта радиолюбители иногда стараются «заматывать» место пайки припоем, а потом удивляются, почему не получается прочного соединения, хотя припоя израсходовано много. Искусство хорошей пайки заключается в том, чтобы сделать пайку при малом расходе припоя. А это достигается при хорошо прогретом и залуженном паяльнике. Только при этих условиях пайка получается прочной, аккуратной и красивой.

Учти, что дым от канифоли действует на слизистые оболочки глаз и носоглотки, поэтому паять нужно в проветриваемом помещении. Еще лучше, если на рабочем месте будет вентилятор.

О некоторых материалах и приемах монтажа

Качество работы приемника, усилителя или другого радиотехнического устройства во многом зависит от рациональности размещения деталей и прочности монтажа их. Основные детали должны располагаться так, чтобы соединительные проводники были по возможности короткими и не пересекались. Монтаж должен быть жестким, чтобы предупредить случайные соединения между деталями и проводниками, которые могут появиться при толчках и встряхивании. Кроме того, монтаж должен быть компактным, удобным для проверки, замены деталей и, конечно, красивым.

Основой, как бы фундаментом радиотехнических устройств или приборов служат плоские панели или панели в виде ящичков — ш а с с и. Как плоские панели, так и шасси могут быть фанерными, дощатыми, металлическими, пластмассовыми или комбинированными из разных материалов.

Если панель фанерная или дощатая, то надо позаботиться о том, чтобы она была достаточно хорошим изолятором. Она не должна впитывать влагу — отсыревшая панель может быть причиной утечки тока и, следовательно, отказа в работе радиоаппарата. Чтобы этого не случилось, фанеру или доски, прежде чем делать из них панель или шасси, хорошенько высуши, натри со всех сторон расплавленным парафином или воском и покрой один-два раза спиртовым или масляным лаком. Обработанные таким способом материалы не будут впитывать влагу, да и внешний вид основания радиоконструкции, сделанного из них, будет более опрятным.

Тонкая фанера удобна для обработки, но сделанные из нее панель или шасси будут непрочными. Лучше всего подойдет хорошо проклеенная березовая фанера толщиной 4—6 *мм*. Строительная фанера хуже, так как она при обработке часто расслаивается, трескается, имеет неровности. Если нет фанеры требуемой толщины, можно склеить два куска более тонкой фанеры. Склеиваемые куски фанеры суши под грузом, иначе они могут покоробиться или вообще не склеиться.

Листовой металл сложнее в обработке, особенно в домашних условиях. Зато панели и шасси, сделанные из него, лучше фанерных. И не только потому что они прочнее. Металл служит э к р а н о м, устраняющим взаимосвязь между отдельными деталями и цепями через магнитные и электрические поля, что во многих случаях является обязательным техническим требованием, и используется в качестве заземленного проводника, что упрощает монтаж.

Для металлического шасси годится листовая 0,8—1-миллиметровая сталь или листовой алюминий, дюралюминий толщиной 1,5—2 *мм*. Вырезать заготовку и изогнуть шасси или склепать его из полос, просверлить в нем отверстия можно в школьных мастерских, а окончательно обработать шасси дома.

Но, используя металлическое шасси, будь очень внимательным при монтаже: все детали, проводники и электрические цепи, которые по схеме не заземляются, должны быть самым тщательным образом изолированы от шасси.

Для панелей и монтажных плат малогабаритных приемников, усилителей, измерительных приборов радиолюбители используют листовой гетинакс или стеклотекстолит толщиной 1,5—3 *мм*. Эти материалы — хорошие изоляторы. Они

легко обрабатываются, а детали, сделанные из них, всегда выглядят красиво. Монтажные панели и платы большинства транзисторных конструкций рекомендуется делать гетинаксовыми или стеклотекстолитовыми.

Рассказывая об устройстве приемников, усилителей или других приборов, я не всегда буду указывать размеры их панелей или шасси. Почему? Да потому, что не для каждого случая может подойти один и тот же совет. Поэтому прежде чем делать заготовку, подбери все необходимые детали, расположи их в том порядке, который указан на монтажной схеме, и уточни ее размеры. Стремиться к уменьшению панели или шасси не надо — на маленькой площади монтаж делать труднее.

Сделав панель или шасси, размести на них детали и наметь места всех необходимых отверстий. Окончательную разметку отверстий делай с помощью линейки и циркуля. Диаметры отверстий должны быть такими, чтобы детали прочно держались в них.

На готовом основании сначала крепи все крупные детали, потом панели, зажимы, гнезда, катушки, переключатель. Проверь, достаточно ли прочно крепление, нет ли ненужных соединений деталей или выводов их с шасси. Только после этого приступай к соединению деталей.

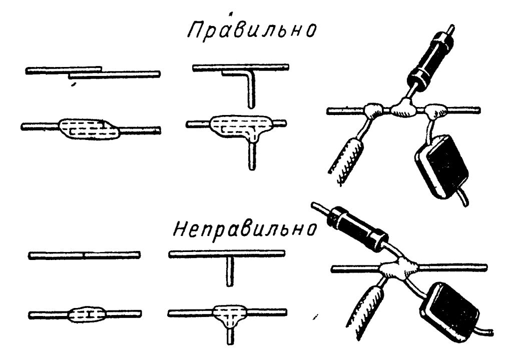


Рис. 146. Способы соединения проводников и деталей пайкой.

Для монтажа используй голый или изолированный, луженый или посеребренный медный провод толщиной 0,8—1,5 *мм*. Такой провод хорошо проводит электрический ток, а монтаж, выполненный им, будет прочным.

Предназначенный для монтажа провод надо выпрямить. Для этого кусок провода длиной 1,5—2 *м* зажми одним концом в тисках или прикрути к какому-либо предмету и сильно потяни за другой конец, захватив его плоскогубцами. Провод немного вытянется и станет прямым. От него ты будешь кусачками откусывать нужной длины соединительные проводнички.

Все соединения тщательно пропаивай. В местах возможных замыканий между проводами надевай на них резиновые, полихлорвиниловые или другие изоляционные трубки либо обматывай их на этих участках изоляционной лентой.

В магазинах, торгующих радиодеталями, продаются наборы монтажных материалов. В них имеются монтажный провод и изоляционные трубочки. Советую тебе пользоваться этими наборами.

При монтаже, во время испытания и налаживания аппаратуры часто приходится спаивать и распаивать проводники, заменять одну деталь другой. Это всегда надо учитывать, применяя в каждом случае наиболее удобные приемы монтажа. Некоторые из них показаны на рис. 146.

В тех случаях, когда нужно срастить два прямолинейных проводника, их концы можно не скручивать, а лишь сложить вместе так, чтобы их поверхности соприкасались на длине не менее 6—8 *мм*, и спаять. Когда же надо соединить проводники под прямым углом, конец одного проводника можно согнуть, прижать к другому проводнику и в таком виде спаять их.

Не рекомендуется спаивать несколько проводников или деталей в одной точке. В этом случае при необходимости удаления одного из проводников или детали неизбежно рассыплется весь узел спайки.

А если условия монтажа диктуют необходимость соединения нескольких деталей в одной точке? В таких случаях надо использовать м о н т а ж н ы е с т о й к и, которые к тому же придадут монтажу жесткость.

Для простейшей монтажной стойки можно использовать, например, круглый карандаш (рис. 147). Заточенную часть карандаша отпили, а грифель удали — получится стойка с отверстием, в которое можно ввернуть винт или шуруп. Одним концом она крепится к панели или шасси. К другому ее концу винтом или шурупом крепится «звездочка», вырезанная из жести. К этой звездочке и припаиваются проводники и детали радиоконструкции.

Чем сложнее конструкция, тем больше в ней резисторов и конденсаторов. Сплошь и рядом они не могут быть припаяны непосредственно к другим, прочно закрепленным деталям. В таких случаях надо прибегать к **монтажным планкам** — пластинкам из изоляционного материала с контактными лепестками, к которым припаивают детали, проводники.

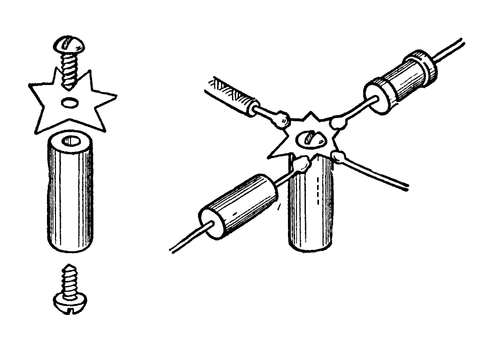


Рис. 147. Монтажная стойка.

Устройство простой монтажной планки ты видишь на рис. 148. Ее основанием служат две пластинки, вырезанные из листового гетинакса или текстолита. В крайнем случае их можно сделать из кусочков плотного картона или фанеры, предварительно проварив их в горячем парафине или пропитав лаком, чтобы они стали хорошими изоляторами.

Контактные лепестки, вырезанные из жести, латуни или сделанные из кусочков медной проволоки толщиной 1,5—2 *мм*, удерживаются в отверстиях, просверленных в верхней пластинке. Пластинки складывают и привинчивают непосредственно к панели или крепят на стойках.

Размеры монтажных планок и число контактных лепестков на них определяются габаритами и числом монтируемых на них деталей.

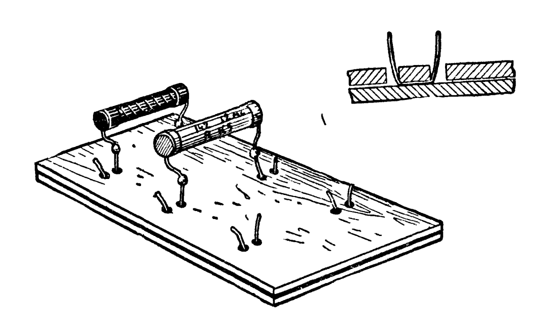


Рис. 148. Монтажная планка.

Транзисторные конструкции монтируют обычно на гетинаксовых панелях, а в качестве опорных точек деталей используют проволочные «шпильки» или пустотелые заклепки, именуемые также «пистонами». Детали размещают с одной стороны панели, а соединяют их между собой с другой стороны панели. Такие панели с деталями, смонтированными на них, чаще называют **монтажными платами**.

Монтаж на шпильках (рис. 149, *б*) делают так. Кусочки медной луженой или посеребренной проволоки диаметром 0,8—1 *мм* и длиной 8—10 *мм* запрессовы-

вают в отверстии в плате так, чтобы с той стороны платы, где будут детали, они выступали на 4—5 *мм*, а с другой на 2—3 *мм*. Чтобы шпильки не болтались, отверстия в плате должны быть чуть меньше диаметра шпилек. Для запрессовки шпилек хорошо использовать оправку — стальной стержень с направляющим отверстием под шпильку, просверленным с торца (рис. 149, *в*). С помощью такого приспособления шпильку удобно направить в отверстие и ударом молотка по нему вбить ее.

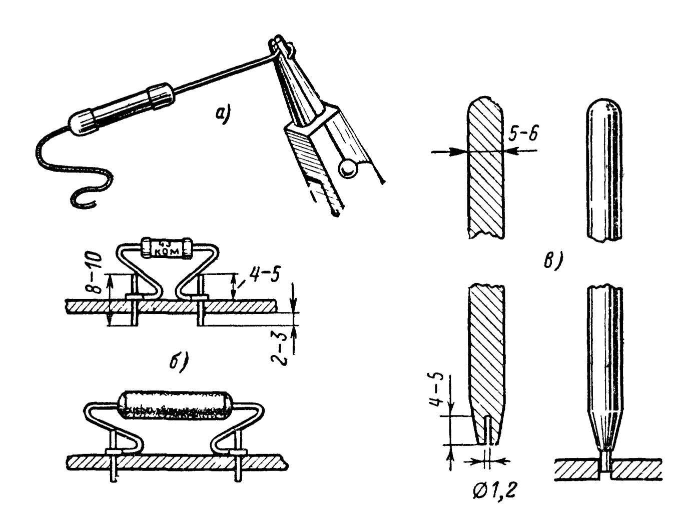


Рис. 149. Монтаж деталей на шпильках и приспособление для запрессовки шпилек.

Далее концы проволочных выводов деталей с помощью круглогубцев изгибают петлями (рис. 149, *а*), которые надевают на шпильки и припаивают к ним. Точно также припаивают к шпилькам и соединительные проводники, но уже с другой стороны платы.

Приемы монтажа на пистонах показаны на рис. 150. Пистоны запрессовывают в отверстия в плате и впаивают в них выводы деталей. Если готовых пистонов нет, то их можно сделать из латунных или медных пустотелых трубок с внешним диаметром 1,5—2 *мм*, нарезав из них трубочки длиной по 3—4 *мм* — на 1,5—2 *мм* длиннее толщины платы. Хорошие пистоны получаются из контактных штырьков вышедших из строя радиоламп с октальным цоколем. Такие трубочки плотно вставляют в отверстия и с обеих сторон платы развальцовывают их края.

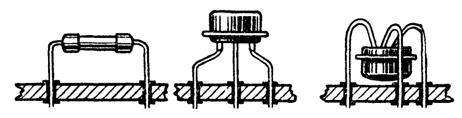


Рис. 150. Монтаж деталей на пустотелых заклепках (пистонах)

Иногда можно обходиться без шпилек и пистонов, пропуская выводы деталей через отверстия в плате и спаивая их между собой с другой стороны платы. Но при таком монтаже сложнее производить замену деталей.

Опытные радиолюбители монтируют свои конструкции на платах, соединительные проводники и опорные точки деталей выполнены так называемым п е ч а т н ы м   м е т о д о м.

Гнезда, зажимы и их заменители

Не только монтажные стойки, планки, платы, но и другие детали для монтажа придется делать самому, если в твоем пока что небольшом хозяйстве их нет. Например, гнезда и зажимы. Если речь идет о простых конструкциях, например о детекторных или одно-двухламповых приемниках, которые обычно монтируют на фанерных панелях, гнезда для них можно сделать из разных имеющихся под руками материалов. Так, например, гнездом может служить гильза стреляного патрона малокалиберной винтовки (рис. 151, *а*). Гильзу забивают молотком в отверстие с нижней стороны панели, а выступающие сверху края развальцовывают при помощи кернера или другого конусообразного металлического стержня или толстого гвоздя.

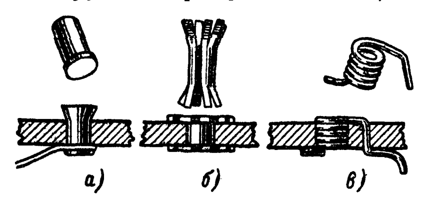


Рис. 151. Самодельные одинарные штепсельные гнезда.

Хорошее гнездо получается из жести (рис. 151, *б*). По краям жестяной пластинки размером 15×15 *мм* сделай ножницами надрезы, сверни пластинку в трубочку диаметром 4 *мм*, вставь ее в отверстие в панели, а выступающие снаружи надрезанные концы отогни в стороны и прижми к панели.

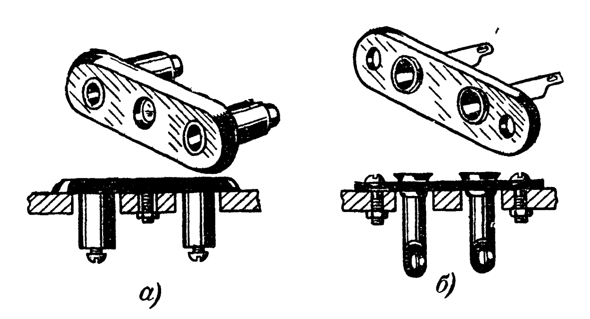


Рис. 152. Штепсельные гнезда заводского изготовления.

Можно также сделать гнездо из неизолированной медной проволоки толщиной 1—2 *мм* (рис. 151, *в*). Кусок проволоки свивают в спираль на гвозде, чтобы получилась трубочка. Сделанные таким способом гнезда должны туго входить в отверстия панели и прочно в них держаться.

Но тебе чаще нужны будут спаренные гнезда на колодках из изоляционного материала, которые можно крепить как на фанерных, так и на металлических панелях или шасси. Они бывают разные. Так, например, готовые спаренные гнезда, изображенные на рис. 152, *а*, представляют собой цельнолитые гильзы, запрессованные в пластмассу. Между гнездами имеется сквозное отверстие под крепежный болтик или винт. А гнезда, показанные на рис. 152, *б*, сделаны из листового металла

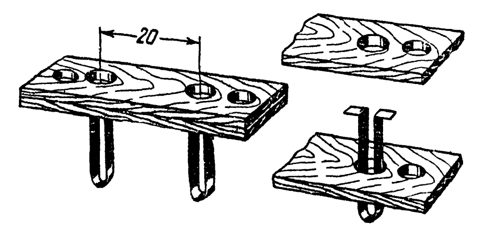


Рис. 153. Самодельные спаренные штепсельные гнезда.

и запрессованы в гетинаксовой планочке. При помощи болтов или шурупов, пропущенных через отверстия в планке, их монтируют на панели или шасси.

Одна из возможных конструкций самодельных спаренных гнезд показана на рис. 153. Из гетинакса, текстолита, органического стекла или в крайнем случае из тонкой фанеры вырежь две пластинки размером 10×45 *мм*. Просверли в них два отверстия диаметром 4 *мм* для гнезд. Расстояние между центрами этих отверстий должно быть равно точно 20 *мм*. По краям просверли еще два отверстия для крепления будущей колодки к панели. Из жести вырежь две полоски шириной 2,5—3 и длиной около 40 *мм*. Согни их наподобие латинской буквы U, вставь в отверстия одной из пластинок, а сверху наклей вторую пластинку — получится колодочка с двумя штепсельными гнездами.

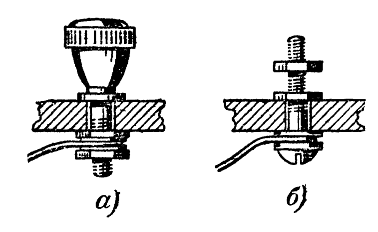


Рис. 154. Зажимы: слева — заводской, справа — самодельный.

Коротко о зажимах. Любой зажим независимо от его конструкции представляет собой шпильку с винтовой нарезкой под гайки и зажимную головку. Значит, роль зажима может выполнять болт диаметром 3—4 *мм* с гайками, как показано на рис. 154. Впрочем, во многих случаях зажим может быть заменен гнездом.

Самодельные переключатели

В той беседе, когда речь шла о детекторном приемнике, я не рассказал тебе о том, как сделать ползунковый переключатель. Делаю это сейчас.

На рис. 155 показаны две конструкции самодельных переключателей. Сам ползунок любого из этих переключателей надо изготовить из полоски латуни или меди толщиной 0,5—0,7, шириной 7—8 и длиной около 40 *мм*. Полоску следует

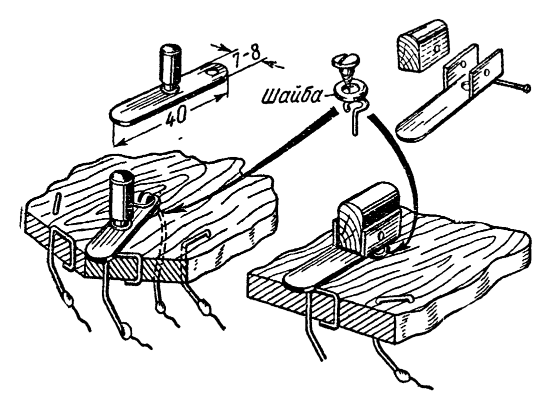


Рис. 155. Самодельные ползунковые переключатели.

отгартовать — отковать слегка молотком, положив ее на напильник; так делают для того, чтобы ползунок лучше пружинил и плотно прижимался к головкам контактов. Края ползунка немного изогни вверх, тогда он будет плавно, без заеданий переходить с контакта на контакт. А чтобы прикосновение руки не влияло на настройку приемника, приделай к ползунку деревянную или пластмассовую ручку. К панели ползунок крепи шурупом, вокруг которого он должен поворачиваться, но не болтаться на нем. Под ползунок подложи металлическую шайбу.

Контакты переключателя можно сделать из кусочков голой медной проволоки диаметром 2—3 *мм*, согнутых наподобие буквы П и пропущенных через отверстия в панели, из стреляных гильз малокалиберных патронов или можно использовать для этой цели шурупы с круглой шляпкой. Важно, чтобы выступающая над панелью часть контакта была гладкой и имела надежное соприкосновение с ползунком.

На рис. 156, *а* показана еще одна конструкция переключателя. Это П-образная скобочка, согнутая из толстой медной проволоки. Ее вставляют в гнезда, замыкая центральное гнездо с гнездами, расположенными по окружности. Чтобы прикосновение руки не сказывалось на настройке приемника, на среднюю часть скобочки надевают кусочек хлорвиниловой или резиновой трубочки или эту часть обертывают изоляционной лентой.

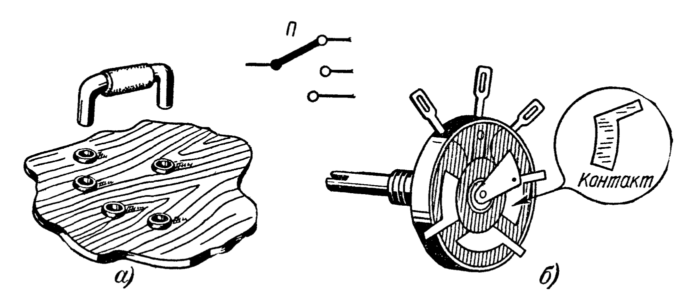


Рис. 156. Самодельные переключатели.

а — из штепсельных гнезд; *б* — из переменного резистора.

Если в твоем хозяйстве окажется испорченный переменный резистор, из него тоже можно сделать переключатель (рис. 156, *б*). Удали с резистора металлический кожух. Затем надфилем и наждачной бумагой счисть полностью токопроводящий слой на дужке резистора. Нужное количество контактов, имеющих форму сегментов с выводными лепестками, вырежь из тонкой листовой меди, латуни или в крайнем случае жести и приклей их к дужке клеем БФ-2. Выводные лепестки контактов можно утопить в пропилах, сделанных в корпусе резистора, или отогнуть вверх. Ползунок бывшего резистора теперь будет ползунком переключателя.

Такие или подобные им переключатели можно использовать не только в детекторных, но и в простых ламповых и транзисторных приемниках.

Катушки индуктивности

В колебательных контурах своих приемников радиолюбители используют чаще всего не готовые, а самодельные катушки самых различных конструкций. С некоторыми из них ты уже знаком по детекторным приемникам. Сейчас же я расскажу о других конструкциях катушек применительно к тем приемникам, которые буду рекомендовать тебе строить.

Но сначала о проводах и их маркировке.

Для намотки катушек используют медные провода в изоляции из хлопчатобумажных и шелковых ниток, эмали. В зависимости от материала изоляции марки проводов обозначают сокращенно буквами:

ПЭЛ* — Провод в Эмалевой изоляции Лакостойкий;

ПЭВ — то же, но высокотемпературный (может использоваться при температуре до 125° С);

* Раньше его называли проводом ПЭ — провод в эмалевой изоляции.

ПБО — Провод в хлопчато-Бумажной Одинарной оплетке;

ПШО — Провод в Шелковой Одинарной оплетке;

ПШД — то же в Двойной оплетке;

ПЭЛШО — Провод в Эмалевой Лакостойкой изоляции и Шелковой Одинарной оплетке.

После букв, характеризующих вид изоляции провода, указывают его диаметр (толщину) в миллиметрах без учета толщины слоя изоляции, например: ПЭЛ 0,12, ПШО 0,5, ПЭЛШО 1,2 и т. д.

Еще один вид провода — литцендрат: ЛЭШО, ЛЭШД. Он состоит из тонких (диаметром 0,06—0,1 *мм*) проводов в эмалевой изоляции, которые скручены жгутом и все вместе имеют одинарную или двойную шелковую оплетку. Таким проводом намотаны катушки многих промышленных приемников.

Практически для контурных катушек самодельных приемников пригоден провод любой марки, лишь бы надежна была его изоляция, но не слишком толстый, иначе катушка получается громоздкой.

Катушки, предназначенные для приема радиовещательных станций средневолнового и длинноволнового диапазонов, наматывают обычно проводом диаметром от 0,1 до 0,3 *мм*, коротковолновые — проводом 0,8—1 *мм*, ультракоротковолновые — проводом до 3 *мм*.

Существует правило, которое ты должен запомнить: **чем короче длина радиоволн, на которые рассчитывается катушка, тем более толстым проводом она должна быть намотана.**

Если имеется провод, диаметр которого неизвестен, его можно приближенно определить так: намотай провод виток к витку на карандаш, а затем раздели длину намотки на число витков. Точность определения диаметра провода таким способом будет тем выше, чем больше намотано витков.

Если нет провода того диаметра, который рекомендуется, но есть другой близкого к нему диаметра, можно и его использовать. Так, например, вместо провода диаметром 0,18 *мм* можно использовать провод диаметром 0,15 или 0,2 *мм*.

В зависимости от размеров каркасов и диапазона принимаемых радиоволн катушки содержат от нескольких витков до нескольких сотен витков. Чем длиннее принимаемые волны и чем меньше диаметр катушки, тем больше витков она должна содержать.

Для детекторных приемников обычно рекомендуют однослойные катушки, намотанные на больших каркасах сравнительно толстым проводом. И это не случайно — в таких катушках меньше потерь высокочастотной энергии. А чем меньше этих потерь, тем лучше работает детекторный приемник.

Катушки ламповых и транзисторных приемников чаще всего наматывают на каркасах сравнительно небольших размеров и более тонким, чем катушки детекторных приемников, проводом. При этом провод в длинноволновых и средневолновых катушках укладывают в несколько слоев. Это — м н о г о с л о й н ы е к а т у ш к и. Они компактнее однослойных. Потери высокочастотной энергии в таких катушках несколько больше, чем в катушках бо́льших размеров, но они компенсируются усилительными свойствами радиоламп или транзисторов.

Многослойные катушки контуров многих промышленных приемников наматывают особым способом, носящим наименование «Универсаль». Такие катушки можно наматывать и самому (рис. 157). На каркас, предназначенный для катушки, или болванку наложи в два-три слоя полоску бумаги так, чтобы образовалось бумажное кольцо (рис. 157, *а*). Ширина кольца должна быть немного больше ширины будущей катушки. Чтобы кольцо не разматывалось, конец полоски закрепи каплей клея.

Теперь нужно начертить на кольце две параллельные линии *1* и *2* — границы катушки — и две поперечные диаметрально противоположные линии *3* и *4* для правильной укладки и счета первых витков катушки. Укрепив начало катушки в проколе каркаса, переведи провод на кольцо так, чтобы он попал в точку пересечения линий *2* и *3* (рис. 157, *б*). Затем уложи провод плотно на кольцо и веди его наискось к точке пересечения линий *1* и *4* (рис. 157, *в*), а затем к началу витка. Получится один виток. Далее изогни провод так, чтобы он выходил к началу

первого витка и прижимал его к кольцу (рис. 157, *г*). Второй виток укладывай параллельно первому, вновь изгибай провод, но уже с противоположной стороны каркаса, и веди его к началу катушки. Дальнейшая намотка производится в таком же порядке: вращая каркас, укладывай каждый последующий виток параллельно предыдущему косыми переходами (рис. 157, *д*). В местах переходов изгибай провод, прижимая изгибы предыдущих витков к кольцу. При этом надо следить, чтобы изгибы витков не выходили за пределы ограничительных линий *1* и *2*.

Самое трудное при намотке катушки типа «Универсаль» — правильно уложить первый десяток витков. Намотка остальных витков несложна. А чтобы первые витки крепко держались на кольце, поверхность его можно смазать клеем или лаком. Готовую катушку, чтобы она не рассыпалась, следует пропитать лаком или расплавленным парафином.

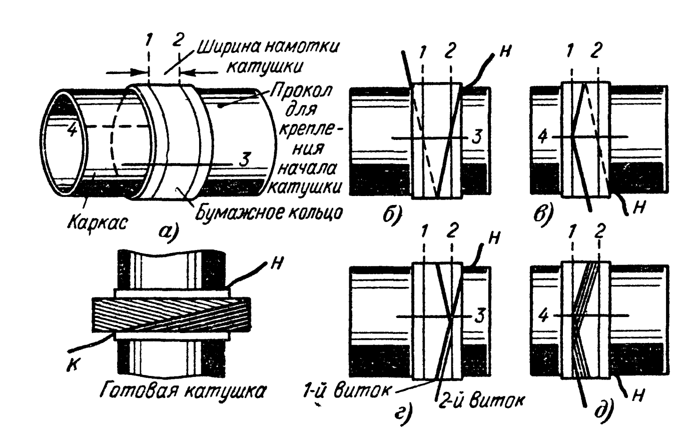


Рис. 157. Намотка катушки типа «Универсаль».

Бумажное кольцо прокладывают для того, чтобы катушку можно было перемещать по каркасу, а в случае необходимости перенести на другой каркас.

В первый раз самодельная катушка типа «Универсаль» не всегда получается прочной и красивой. Однако если попрактиковаться, то катушки будут получаться не хуже заводских.

У тебя может возникнуть вопрос: зачем выдумали катушки такого сложного устройства? Нельзя ли упростить — наматывать провод, как нитки на шпульке? Можно, но так не делают. Дело в том, что между всеми соседними витками катушки образуются как бы конденсаторы, обкладками которых являются витки провода, а диэлектриками — изоляция провода и воздух. Суммарную емкость этих конденсаторов называют с о б с т в е н н о й е м к о с т ь ю катушки. Эта емкость, складываясь с другими емкостями, входящими в контур, уменьшает диапазон перекрываемых приемником волн, ухудшает качество колебательного контура. Особенно велика внутренняя емкость многослойных катушек, у которых провод намотан, как нитки на шпульке.

Чтобы уменьшить внутреннюю емкость катушки, увеличивают расстояние между соседними витками, располагают их под углом друг к другу. Этим и объясняется применение при намотке катушек сложных способов укладки витков.

Радиолюбители часто применяют в своих приемниках катушки, намотанные на картонные шпульки «внавал», умышленно не укладывая провод ровными рядами. При такой намотке внутренняя емкость катушки также относительно невелика.

В качестве примера расскажу, как изготовить катушки подобной конструкции для наиболее простого транзисторного или лампового радиоприемника (рис. 158). Каркасом катушек служит охотничья картонная гильза диаметром 18—20 *мм* (14—12-го калибра) или трубка такого же диаметра, склеенная из плотной бумаги или картона. Катушка L_2 — основная, L_1 — подстроечная. Бортики обмотки катушки L_2 — картонные кружки, надетые на каркас и приклеенные к нему. Наружный диаметр кружков 32—35 *мм*, внутренний — по диаметру каркаса. Расстояние между кружками 4—5 *мм*.

Катушка L_1 намотана на шпульке, которая с небольшим трением может перемещаться по каркасу, но не спадает самопроизвольно. Шпульку для этой катушки сделай так. Оберни каркас полоской плотной бумаги шириной 6—8 *мм*. Поверх полоски насади на каркас картонные кружки, расположив их на расстоянии 2—3 *мм* друг от друга. Не сдвигая кружков, приклей их к бумажному кольцу. Когда клей высохнет, обрежь осторожно выступающие наружу края бумажного кольца — получится шпулька.

Для катушек подойдет провод диаметром 0,2—0,3 *мм* с любой изоляцией. Катушка L_1 должна содержать 40—50 витков, намотанных «внавал», а катушка L_2 — 250—260 витков, намотанных таким же способом, с отводами от 50-го и 150-го витков для грубой настройки. Выводы и отводы выпускай наружу через проколы в картонных бортиках.

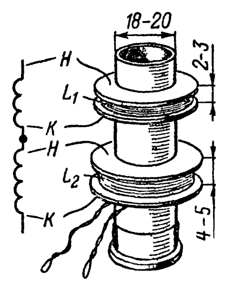


Рис. 158. Катушки для простого радиоприемника.

Если конец катушки L_1 соединить с началом катушки L_2, то получится как бы одна двухсекционная катушка. Индуктивность такой катушки будет зависеть от взаимного расположения катушек. Если витки обеих катушек направлены в одну сторону и катушка L_1 вплотную придвинута к катушке L_2, общая индуктивность будет наибольшей. В этом случае контур будет настроен на наибольшую длину волны. По мере отдаления катушки L_1 от L_2 общая индуктивность станет уменьшаться, а приемник перестраиваться на более короткую волну. Катушку L_1 можно снять с каркаса, перевернуть и надеть на каркас другой стороной. Теперь витки катушек будут направлены в разные стороны и если сблизить их, то общая индуктивность будет плавно уменьшаться, а контур — настраиваться на станции, работающие на волнах меньшей длины. Таким образом, эта конструкция представляет собой простейший вариометр — катушку с переменной индуктивностью. Грубая настройка контура, таким образом, осуществляется переключением отводов секции L_2, а точная — изменением расстояния и расположения витков секции L_1 относительно витков секции L_2. Настроив контур на радиостанцию, можно шпульку секции L_1 приклеить к каркасу — получится приемник с фиксированной настройкой на одну радиостанцию.

Катушки подобных конструкций хороши тем, что они просты. Однако предпочтение следует отдавать катушкам с высокочастотными сердечниками. Сердечник позволяет в несколько раз уменьшить число витков в катушке и ее размеры. А если сердечник подстроечный, то он, кроме того, дает возможность в некоторых пределах изменять индуктивность катушки и, таким образом, настраивать контур на нужную частоту.

Самые распространенные магнитные высокочастотные сердечники — ферритовые и карбонильные. Они бывают в виде стержней, колец, чашек. Со стержневым сердечником ты уже имел дело.

Одна из возможных конструкций самодельной секционированной катушки со стержневым карбонильным сердечником диаметром 9 *мм* показана на рис. 159. Увеличение индуктивности катушки достигается ввертыванием сердечника в глубь каркаса, а уменьшение — вывертыванием его. Каркас для такой катушки склей из полоски плотной бумаги шириной 40 *мм* на круглой болванке, стеклянной трубке или пробирке диаметром 9,5—10 *мм*. На расстоянии 6—7 *мм* от верхнего края готового и хорошо высушенного каркаса острым ножом прорежь в нем с двух

противоположных сторон прямоугольные отверстия. В местах вырезов обмотай каркас в один слой толстой ниткой; ее витки будут выполнять роль нарезки для ввертывания сердечника. Щечки катушки вырежь из тонкого гетинакса, текстолита или плотного картона толщиной 0,3—0,5 *мм*. Насади их на каркас и приклей к нему.

Катушку наматывай проводом ПЭЛ 0,2—0,3. Если катушка средневолновая, она должна содержать всего 135 витков (три секции по 45 витков), а длинноволновая — 450 витков (три секции по 150 витков). Сначала между двумя верхними щечками намотай первую секцию, переведи провод на участок между средними щечками и намотай вторую секцию, а потом между нижними щечками намотай третью секцию. Выводы катушки пропускай через проколы в щечках.

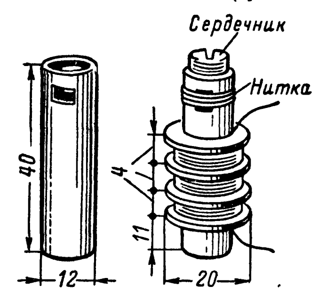


Рис. 159. Самодельная катушка с высокочастотным магнитным сердечником.

Укрепить катушки на панели приемника можно с помощью фанерного кольца, приклеенного к панели, или вклейкой нижнего конца каркаса в отверстие в панели.

Во многих промышленных приемниках катушки индуктивности намотаны на унифицированных (стандартных) пластмассовых каркасах с ферритовыми кольцами и стержневыми подстроечными сердечниками. Такой каркас ты видишь на рис. 160, *а*. Катушка, намотанная на секционированный каркас, оказывается между двумя ферритовыми кольцами, увеличивающими ее индуктивность. Стержневой сердечник, скрепленный с резьбовым цилиндриком, отверткой можно больше или меньше ввертывать внутрь каркаса и тем самым подстраивать индуктивность катушки.

На том же рисунке (рис. 160, *б*) показан аналогичный самодельный каркас, который может быть использован для катушек индуктивности различного назначения, например для катушек колебательных контуров, высокочастотных трансформаторов и дросселей. Для изготовления его нужны два ферритовых кольца марки 600НН с внешним диаметром 8—9 *мм* и внутренним 3—3,5 *мм* и стержневой подстроечный сердечник той же марки диаметром 3 и длиной 15 *мм*.

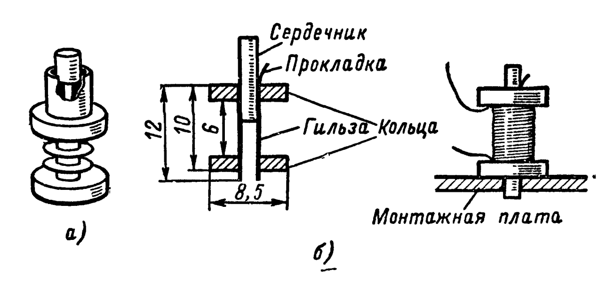


Рис. 160. Каркасы с ферритовыми кольцами и подстроечными стержневыми сердечниками.

Основой каркаса служит бумажная гильза длиной 12 *мм* и диаметром, равным внутреннему диаметру колец. Кольца приклей клеем БФ -2 к гильзе на расстоянии 6 *мм*. Выступающий снизу конец гильзы будешь вставлять в отверстие в монтажной плате (или шасси) и приклеивать к ней. Подстроечный сердечник удерживается внутри каркаса бумажной или матерчатой прокладкой.

Число витков и провод для катушки, намотанной на такой каркас, зависит от ее назначения.

Самодельные конденсаторы

Мои советы в этой части беседы — на случай, если потребуются конденсаторы небольшой емкости, а у тебя их нет, или если не удалось найти конденсатор переменной емкости для простого приемника.

Конденсатор емкостью до 50 *пф* можно сделать следующим способом (рис. 161). Взять кусок медной проволоки диаметром 1,5—2 и длиной 50—60 *мм*, обернуть его слоем тонкой бумаги, а поверх бумаги намотать в один плотный ряд виток к витку более тонкую проволоку. Одной обкладкой этого конденсатора будет внутренняя проволока, другой — наружная проволока, а диэлектриком — бумага. При длине намотки 1 *см* получается конденсатор емкостью около 10 *пф*. Чем тоньше слой бумаги и длиннее верхняя намотка, тем больше будет емкость конденсатора.

Рис. 161. Самодельный бумажный конденсатор малой емкости.

Для самодельных конденсаторов емкостью до нескольких сотен пикофарад потребляются алюминиевая или оловянная фольга, тонкая писчая или папиросная бумага, парафин или воск (стеарин не годится). Фольгу можно взять из испорченных бумажных конденсаторов большой емкости или можно использовать алюминиевую фольгу, в которую завертывают шоколад и некоторые сорта конфет. От поврежденных конденсаторов можно также использовать бумагу.

Расправь фольгу и вырежь из нее две полоски — обкладки будущего конденсатора (рис. 162, *а*). Длина и ширина фольговых полосок определяются емкостью конденсатора, который надо сделать (расчет приведу ниже). Вырежь еще две бумажные полоски в 2 раза шире фольговых. Одна из них (на рис. 162, *а* — нижняя) должна быть в 1,5—2 раза длиннее другой. Растопи в баночке парафин, но не доводи его до кипения. При помощи кисточки смажь горячим парафином бумажные полоски и точно посредине наложи на них фольговые полоски. Сложи обе пары полосок. Накрой их бумагой и прогладь теплым утюгом, чтобы полоски лучше и плотнее склеились.

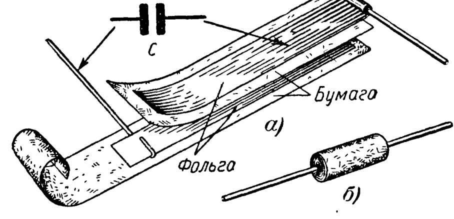


Рис. 162. Самодельный бумажный конденсатор.

Если у тебя не окажется парафина или воска, полоски можно пропитать медицинским вазелином (только не борным).

Возьми кусочки медной проволоки толщиной 1—1,5 и длиной по 50—60 *мм*. Загни их, а в образовавшиеся петли вложи концы фольговых полосок, предварительно счистив с них парафин, чтобы между ними был надежный электрический контакт. Склеенные полоски закатай в плотный рулончик — конденсатор готов. Для прочности его можно заклеить в полоску картона, а затем пропитать расплавленным парафином или промазать снаружи клеем БФ-2.

Теперь сообщу тебе расчетные данные таких конденсаторов. Две взаимно перекрывающиеся фольговые полоски-обкладки площадью по 1 *см*^{2}, разделенные тонкой писчей бумагой, образуют конденсатор емкостью около 20 *пф*. Если взять, например, фольговые полоски шириной 1 и длиной по 10 *см*, то конденсатор будет иметь емкость примерно 200 *пф*. При полосках той же ширины, но длиной по 50 *см* получится конденсатор емкостью около 1 000 *пф*. Конденсатор такой же емкости можно сделать из фольговых полосок шириной 2 и длиной по 25 *см* или шириной 2,5 и длиной по 20 *см*. Таким образом, чтобы знать емкость будущего конденсатора в пикофарадах, надо площадь взаимно перекрывающихся обкладок, выраженную в сантиметрах, умножить на 20.

При расчете не учитывай концы фольговых полосок, к которым присоединяются проволочные выводы, так как они не перекрываются другими концами полосы

Сделав конденсатор, проверь, не замкнуты ли между собой его обкладки.

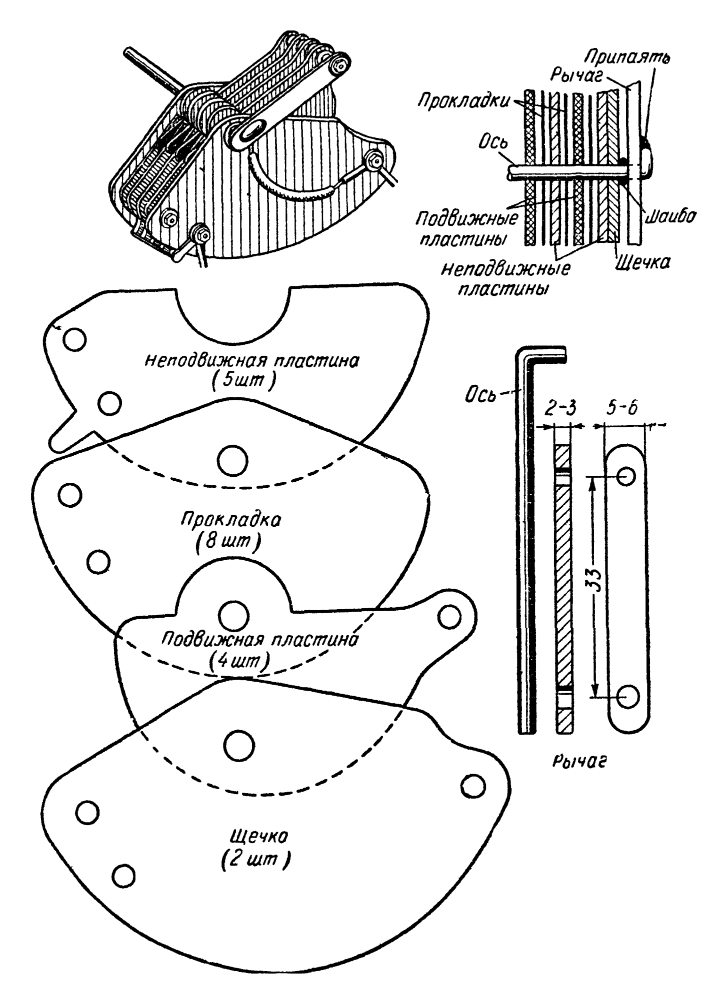


Рис 163 Самодельный конденсатор переменной емкости с твердым диэлектриком

Конденсатор переменной емкости с твердым диэлектриком, который ты можешь сделать в своей мастерской, показан на рис 163 Его основные детали — щечки, прокладки, подвижные и неподвижные пластины — вычерчены в натуральную величину, что облегчит твою работу.

С помощью копировальной бумаги переведи чертежи щечек, прокладок и пластин на картон, вырежь их, а по получившимся шаблонам будешь изготавливать эти детали.

Подвижные и неподвижные пластины можно вырезать из жести, но лучше из листовой латуни или меди толщиной 0,2—0,3 *мм*. В качестве диэлектрика используй листовой целлулоид, целлофан или в крайнем случае плотную бумагу, пропитанную воском, парафином или лаком. Щечки выпили лобзиком из листового эбонита, гетинакса или органического стекла толщиной 2—3 *мм*, можно и из фанеры, предварительно проваренной в парафине.

Для сборки конденсатора потребуются четыре болта или шпильки диаметром 2—3 и длиной по 20—25 *мм* с гайками, 12—15 шайб. Осью может быть кусочек медной проволоки или гвоздь толщиной 3—4 и длиной 55—60 *мм*. Конец оси, отступив от края на 6—8 *мм*, изогни под прямым углом. Рычаг надо вырезать из полоски меди или латуни толщиной 2—3 *мм*; длина его 43—45, а ширина 5—6 *мм*; расстояние между центрами отверстий 33 *мм*.

Заготовленные пластины должны быть совершенно ровными и не иметь заусенцев по краям. Все неподвижные пластины нужно сложить, зажать в тиски, опилить напильником и зачистить мелкой наждачной бумагой. Точно так же обработай подвижные пластины и щечки. Просверливать отверстия в пластинах и щечках также следует одновременно, сложив их и зажав в тиски. Крайние отверстия в пластинах и щечках сверли с учетом диаметра имеющихся болтиков, а средние — по диаметру оси. Болтики и ось должны плотно входить в свои отверстия и не болтаться в них.

Сборку конденсатора производи в таком порядке. В отверстие рычага вставь ось и припаяй ее к рычагу. На ось надень шайбочку — она будет уменьшать трение рычага о щечку. Продень ось через отверстие в щечке. В два отверстия, расположенные у выводного хвостика, пропусти болтики, предварительно надев на них по одной шайбочке. Щечку с осью и болтиками положи на стол так, чтобы ось и болтики торчали вверх. На болтики надень неподвижную пластину, поверх нее — изоляционную прокладку, а на ось — подвижную пластину. После этого на болтики надень шайбочки (толщина их должна быть не меньше толщины пластины), а на шайбочки и подвижную пластину — прокладку, затем неподвижную пластину, снова прокладку и на ось — вторую подвижную пластину. Далее на болтики надень шайбочки, наложи прокладку, затем следующую неподвижную пластину, снова прокладку, третью подвижную пластину, шайбочки и т. д. Сборка пластин заканчивается укладкой последней неподвижной пластины и второй щечки. После этого можно скрепить свободные стороны щечки, предварительно надев на болтик втулку или несколько толстых шайбочек.

Между концами подвижных пластин и рычага помести шайбочку или втулочку и скрепи всю подвижную систему болтиком. Общая толщина набора шайбочек должна быть такой, чтобы пластины и рычаг были параллельны и без усилий поворачивались вместе с осью.

Под гайки болтиков, стягивающих корпус конденсатора, помести жестяные лепестки. Они будут служить выводами конденсатора.

Хвостики неподвижных пластин и левый (по рис. 163) выводной лепесток спаяй кусочком медной проволоки. Другой выводной лепесток соедини с рычагом подвижных пластин многожильным проводником.

Когда конденсатор будет полностью собран, окончательно затяни все гайки стягивающих болтиков. При вращении оси подвижные пластины конденсатора должны без заеданий входить между изоляционными прокладками, не задевая неподвижных пластин.

Учти: конденсатор из пяти неподвижных и четырех подвижных пластин, о котором я сейчас рассказал, имеет наибольшую емкость около 250 *пф*. Добавление каждой пары пластин (подвижной и неподвижной) увеличивает его наибольшую емкость примерно на 30—35 *пф*.

* * *

Ну вот, опять затянулась моя беседа. Хотелось сказать тебе о многом, но, к сожалению, обо всем не расскажешь. Другие советы буду давать по ходу практических работ.

○

БЕСЕДА ДЕСЯТАЯ

Питание от электросети

Какой приемник строить: с питанием от батарей или от электроосветительной сети? Такой вопрос возникает, конечно, только тогда, когда имеется сеть электрического освещения.

Радиоприемник или усилитель, питаемый от осветительной сети, почти не требует хлопот — щелкнул выключатель, и он начинает работать. Поэтому, когда есть электроосветительная сеть, нет никакого смысла пользоваться батареями. От электросети можно питать и транзисторные приемники.

Для питания нитей накала ламп сетевых приемников или усилителей требуется переменный ток напряжением 6,3 *в*, для питания цепей анодов и экранирующих сеток — постоянный ток напряжением 150—250 *в*. В наших же электроосветительных сетях течет переменный ток напряжением 127 или 220 *в*. Задача питания цепей накала ламп решается при помощи понижающего трансформатора. Для питания же анодов и экранирующих сеток ламп приходится сначала повышать напряжение переменного тока, а затем выпрямлять ток повышенного напряжения, т. е. преобразовывать его в постоянный ток. А для питания транзисторных конструкций приходится сначала понижать напряжение переменного тока, а затем выпрямлять его.

Выпрямление переменного тока

Помнишь свойства электронных и полупроводниковых диодов? Двухэлектродная лампа пропускает ток только одного направления и совсем не пропускает ток другого направления. Полупроводниковый диод хорошо проводит ток одного направления и очень плохо — ток другого направления. Будем для простоты считать, что полупроводниковый диод, как и ламповый диод, не пропускает ток обратного направления.

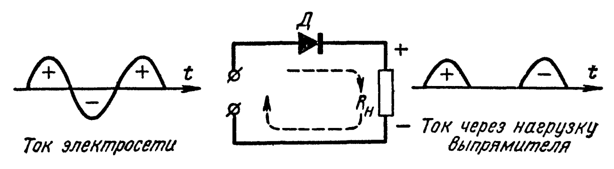


Рис. 164. Схема однополупериодного выпрямителя.

Схема простейшего выпрямителя переменного тока изображена на рис. 164. На ней буквой *Д* обозначен диод (любой), а резистором $R_н$ — нагрузка выпрямителя, т. е. питаемые выпрямителем цепи электронных ламп или транзисторов радиотехнического устройства.

Всмотрись внимательно в графики, иллюстрирующие сущность действия этого выпрямителя. Они должны напомнить тебе работу детектора в твоем первом приемнике (см. рис. 61 и 62). Да, в детекторном контуре приемника и выпрямителе происходят одни и те же явления — выпрямление. Только там детектор выпрям-

лял модулированные колебания высокой частоты, а здесь диод выпрямляет переменный ток электросети. В данном случае диод пропускает к нагрузке одни полуволны и не пропускает другие полуволны переменного тока. В результате в нагрузке $R_н$ течет выпрямленный ток, но пульсирующий с частотой 50 *гц*.

Можно ли от выпрямителя, собранного по схеме на рис. 164, питать приемник? В принципе можно. Он же ведь выпрямил ток! Но этого делать не следует. Проходя через телефон или громкоговоритель, включенный в анодную цепь лампы или коллекторную цепь транзистора, такой пульсирующий ток будет заставлять их звучать с частотой 50 *гц*; в телефоне или громкоговорителе будет слышен гул низкого тона, называемый фоном переменного тока.

Этот недостаток можно частично устранить, если на выходе выпрямителя параллельно нагрузке включить конденсатор, как это сделано в схеме на рис. 165, *а*. Заряжаясь от импульсов тока, этот конденсатор, так же как блокировочный конденсатор в детекторном приемнике, в моменты спадания тока или его исчезновения (между импульсами) разряжается через нагрузку. Если взять конден-

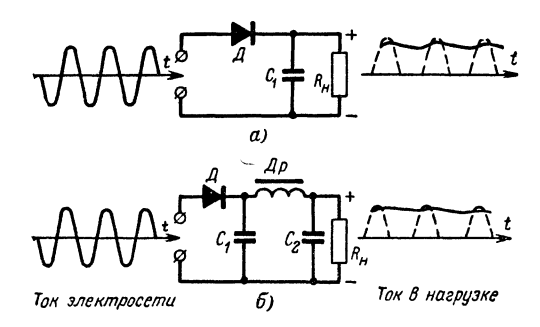


Рис. 165. Однополупериодный выпрямитель со сглаживающим фильтром.

сатор достаточно большой емкости, то за время между импульсами тока он не будет успевать полностью разряжаться и через нагрузку будет непрерывно поддерживаться ток. Такой ток, поддерживаемый за счет заряда конденсатора, показан на рис. 165, *а* сплошной волнистой линией. Но и таким, несколько «приглаженным», током тоже нельзя питать приемник или усилитель: он будет «фонить», так как пульсации пока еще очень ощутимы.

Для устранения этого неприятного явления на выход выпрямителя можно включить ячейку сглаживающего фильтра, состоящую еще из одного конденсатора большой емкости и дросселя низкой частоты, как показано на рис. 165, *б*.

Дроссель низкой частоты — эта катушка индуктивности со стальным сердечником. Обладая большим индуктивным сопротивлением, дроссель оказывает сильное противодействие всяким изменениям протекающего через него тока: препятствует нарастанию тока и, наоборот, поддерживает убывающий ток. Это замечательное свойство дросселя и используется для сглаживания пульсаций выпрямленного тока. В результате совместного действия всех элементов фильтра в нагрузке $R_н$ течет хорошо «приглаженный» ток.

Конденсатор C_1, с которого подается пульсирующее напряжение на ячейку фильтра, называют входным конденсатором фильтра, а конденсатор C_2, включенный после дросселя, — выходным.

В выпрямителях, работу которых мы сейчас разобрали, полезно используется энергия только половины волн переменного тока. Такое выпрямление переменного тока называют однополупериодным, а выпрямители — однополупериодными выпрямителями.

Однако выпрямители, построенные по таким схемам, страдают двумя существенными недостатками. Первый из них заключается в том, что напряжение выпрямленного тока равно примерно напряжению сети, в то время как для питания ламповых конструкций в большинстве случаев необходимо более высокое напряжение, а для транзисторных, наоборот, более низкое напряжение. Второй недостаток — недопустимость присоединения заземления к приемнику, питаемому от такого выпрямителя. Если приемник заземлить, ток из электросети пойдет через приемник в землю — могут перегореть предохранители. Кроме того, приемник или усилитель, питаемые от такого выпрямителя и, таким образом, имеющие прямой контакт с электросетью, опасны — можно получить электрический удар.

Оба эти недостатка устранены в выпрямителе с трансформатором, схема которого приведена на рис. 166. Здесь выпрямляется не напряжение электросети, а напряжение вторичной (*II*) обмотки трансформатора *Тр*. Поскольку эта обмотка изолирована от первичной (*I*) сетевой обмотки, радиоконструкция не имеет контакта с сетью и к ней можно подключать заземление.

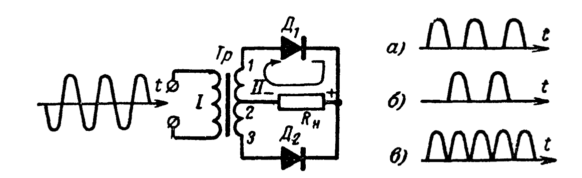


Рис. 166. Двухполупериодный выпрямитель с трансформатором и графики, иллюстрирующие работу выпрямителя.

В этом выпрямителе, кроме того, полезно используются обе полуволны переменного тока — он двухполупериодный. В нем работает два диода, а во вторичной обмотке трансформатора сделан вывод от середины.

Как работает такой выпрямитель? Прикрой нижнюю секцию обмотки *II* и диод $Д_2$. Что получилось? Схема однополупериодного выпрямителя. А теперь прикрой верхнюю секцию обмотки *II* и диод $Д_1$. Опять получилась схема однополупериодного выпрямителя. Эти однополупериодные выпрямители работают поочередно. В моменты времени, когда на выводе *1* обмотки *II* относительно выводов *2* и *3* положительное напряжение, ток идет по цепи: верхний (по схеме) диод — нагрузка $R_н$ — верхняя секция вторичной обмотки трансформатора (график *а*). Иного пути для выпрямленного тока нет. Нижний диод в эти моменты времени закрыт и не пропускает ток, так как на нем отрицательное напряжение. При других полупериодах, когда на выводе *3* относительно выводов *1* и *2* положительный потенциал, работает только нижний диод (график *б*). Выпрямленный им ток идет через ту же нагрузку $R_н$ и нижнюю секцию обмотки *II*. В это время диод $Д_1$ и его верхняя секция обмотки *II* «отдыхают». А итог таков: через нагрузку $R_н$ в одном и том же направлении идет ток, выпрямляемый обоими диодами (график *в*). Это и есть двухполупериодное выпрямление переменного тока.

Эффективность работы двухполупериодного выпрямителя по сравнению с однополупериодным налицо: частота пульсаций выпрямленного тока удвоилась, «провалы» между импульсами уменьшились. Если в цепь выпрямителя включить фильтр из дросселя и конденсаторов, то эффект работы преобразователя еще более повысится.

Нужно отметить, что даже при использовании двухполупериодного выпрямителя и наличии фильтра некоторые пульсации выпрямленного тока на нагрузке все же остаются, но они настолько малы, что практически не влияют на работу приемно-усилительных устройств.

Вообще же независимо от схемы выпрямителя сглаживание пульсаций выпрямленного тока будет тем лучшим, чем больше индуктивность дросселя и емкость конденсаторов фильтра.

В фильтрах выпрямителей для ламповых усилителей и приемников обычно используют электролитические конденсаторы емкостью по 20—40 *мкф*, а в фильтрах выпрямителей для транзисторных конструкций — по несколько сотен и тысяч микрофарад. В наиболее простых приемниках дроссель фильтра часто заменяют резистором.

Трансформатор питания и фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного тока, монтируются вместе с выпрямителем и являются составными частями его. Поэтому выпрямителем называют все эти элементы, взятые вместе.

Трансформаторы питания

В выпрямителях для ламповых приемников и усилителей обычно используют трансформаторы, у которых, кроме сетевых (первичных) обмоток и обмоток высокого напряжения (вторичных), именуемых **повышающими**, имеются еще обмотки для питания нитей накала ламп. А если в выпрямителе работает кенотрон, на трансформаторе должна быть еще обмотка, дающая напряжение для питания его нити накала. Эти понижающие обмотки для краткости называют **накальными обмотками**.

На рис. 167 показаны схемы двух основных видов трансформаторов питания. Первичная обмотка *I* любого из этих трансформаторов — сетевая, а все другие — вторичные, рассчитанные на разные напряжения. Первичная обмотка имеет отводы, позволяющие включать трансформатор в сети различного напряжения. Так, выводами *1* и *2* она включается в сеть с напряжением 110 *в*, выводами *1* и *3* — в сеть с напряжением 127 *в* и выводами *1* и *4* — в сеть с напряжением 220 *в*. Независимо от напряжения сети на зажимах вторичных обмоток получаются одни и те же напряжения.

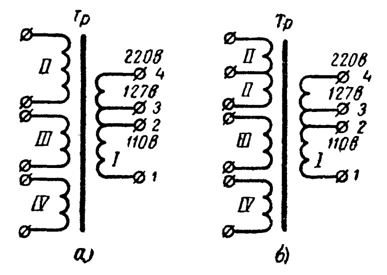


Рис. 167. Схемы трансформаторов питания.

В трансформаторе по схеме на рис. 167, *а* обмотка *II* повышающая. Она дает напряжение 220—250 *в*, которое, будучи преобразовано выпрямителем в постоянное напряжение, необходимо для питания анодов и экранирующих сеток радиоламп. В зависимости от выбранной схемы выпрямитель может быть как однополупериодным, так и двухполупериодным. Обмотка *III* этого трансформатора служит для питания нити накала кенотрона. Напряжение, которое она должна давать, зависит от типа кенотрона. Так, для кенотрона 5Ц4С она должна давать 5 *в*, а для кенотрона 6Ц4П или 6Ц5С — 6,3 *в*. Обмотка *IV* рассчитана на напряжение 6,3 *в* и предназначена для питания нитей накала ламп приемника. В соответствии с назначением обмотку *III* называют обмоткой накала кенотрона, а обмотку *IV* — обмоткой накала ламп.

Трансформатор по схеме на рис. 167, *б* отличается от первого лишь тем, что его повышающая обмотка *II* имеет вывод, сделанный точно от середины. Каждая из ее секций дает напряжение 220—250 *в*, а вся обмотка 440—500 *в*. Эта обмотка рассчитана для двухполупериодного выпрямителя. На выходе выпрямителя получается постоянное напряжение, равное примерно напряжению половины повышающей обмотки.

У многих заводских трансформаторов питания сетевая обмотка состоит из двух обмоток с отводами, различное соединение которых позволяет включать их в сети с напряжением 110, 127 и 220 *в*. Кроме того, многие трансформаторы имеют дополнительную незамкнутую обмотку с одним выводом. Она служит эле-

ктростатическим экраном между первичной и вторичными обмотками. Вывод этой обмотки всегда заземляют.

Образцом токого трансформатора питания может служить ранее выпускавшийся трансформатор типа ЭЛС-2, показанный на рис. 168. Он рассчитан для работы в двухполупериодном выпрямителе с двуханодным кенотроном. Сетевая обмотка трансформатора состоит из двух обмоток: *I* и *II*, имеющих по одному отводу от промежуточных витков. Каждая из них рассчитана на напряжение 110 и 127 *в* (бо́льшие секции — на 110 *в*, меньшие — на 127 *в*). Начало, конец и отвод каждой обмотки подведены к панели, укрепленной на трансформаторе. В панель вставляют специальную колодку, по своему устройству похожую на цоколь лампы, с помощью которой сетевые обмотки могут быть включены на разные напряжения. Колодку надо вставить так, чтобы имеющаяся на ней стрелка указывала на соответствующую надпись, сделанную на трансформаторе. При напряжениях в сети 110 и 127 *в* первичные обмотки соединяют параллельно: в первом

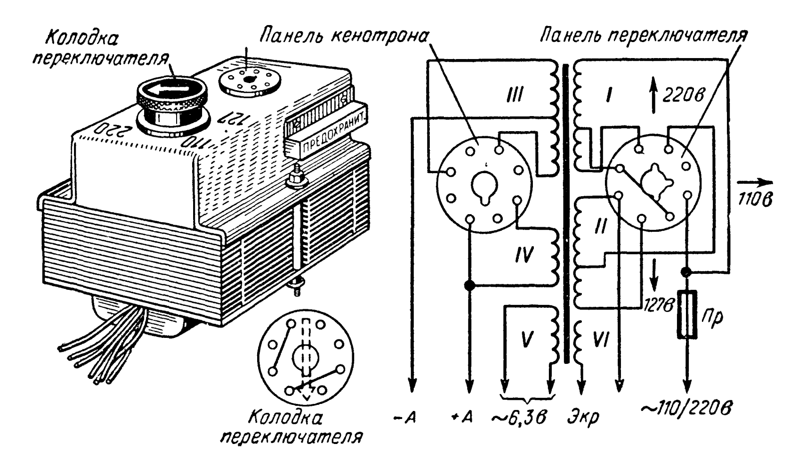


Рис. 168. Внешний вид и схема одного из трансформаторов питания.

случае работают только большие секции обмоток, рассчитанные на 110 *в*, а во втором случае — все секции. При установке колодки на напряжение 220 *в* соединяются последовательно секции обмоток, рассчитанные на напряжение 110 *в*. Назначения остальных обмоток трансформатора: *III* — повышающая, *IV* — обмотка накала кенотрона, *V* — обмотка накала ламп, *VI* — электростатический экран.

На корпусе трансформатора смонтированы ламповая панель для кенотрона и плавкий предохранитель.

Примерно так устроены все трансформаторы, предназначенные для питания сетевых ламповых приемников и усилителей, но выглядят они по-разному. Не все, например, имеют панель для кенотрона, колодку для переключения сетевой обмотки, не всегда секционирована повышающая обмотка. Если трансформатор предназначен для выпрямителя на полупроводниковых диодах, в нем нет, разумеется, обмотки накала кенотрона.

Трансформаторы питания для транзисторных конструкций имеют обычно одну вторичную обмотку — понижающую, а иногда две, одну из которых используют для питания лампочки освещения шкалы.

Трансформаторы питания подключают к сети только через плавкие предохранители.

Любой трансформатор питания независимо от того, в однополупериодном или двухполупериодном выпрямителе он будет работать, характеризуется наиболь-

шей мощностью тока, которую он может преобразовать. Эта мощность тем больше, чем больше площадь поперечного сечения его сердечника. Бо́льшая часть трансформаторов заводского изготовления имеет сердечники с поперечным сечением 10—12 *см*², что соответствует мощности около 65—75 *вт*. Такой мощности трансформатора достаточно для питания четырех-пятиламповой радиоконструкции. Мощность трансформаторов питания транзисторной аппаратуры обычно не превышает 25—30 *вт*, их сердечники имеют в сечении несколько квадратных сантиметров.

Что же касается числа витков в обмотках трансформаторов и диаметров их проводов, то они зависят от напряжений и токов, на которые они рассчитываются.

В приложении 7 приведены данные наиболее распространенных трансформаторов питания. Этими данными ты можешь воспользоваться при подборе нужных тебе трансформаторов или при ремонте их.

Самодельный трансформатор питания

Если тебе не удастся воспользоваться готовым трансформатором питания, его можно сделать самому. Подходящий сердечник для него можно взять, например, от какого-либо испорченного трансформатора, подсчитать по сердечнику числа витков, которые должны быть в обмотках, а затем, подобрав провод, намотать обмотки.

Расчет трансформатора веди в таком порядке. Сначала узнай площадь поперечного сечения сердечника. Для этого толщину пакета в сантиметрах умножь на ширину среднего язычка пластин (также в сантиметрах). Затем подсчитай число витков, которое должно приходиться на 1 *в* напряжения при данном сечении сердечника, по такой упрощенной формуле:

$$\omega = 50/S,$$

где ω — число витков; S — площадь сечения сердечника; 50 — постоянный коэффициент.

Получившееся число витков ω умножить на напряжения в вольтах, которые подводятся к первичной обмотке и должны давать вторичные обмотки. Произведения этих величин укажут числа витков в каждой обмотке.

Разберем такой пример. Для питания трех-четырехлампового приемника с двухполупериодным кенотроном выпрямителем нужен трансформатор с сердечником площадью сечения около 10 *см*² (большее сечение сердечника не повредит). Напряжение сети 220 *в*. Повышающая обмотка должна давать 500 *в* и иметь отвод от середины (две секции по 250 *в*), обмотка кенотрона 5 *в*; обмотка накала ламп 6,3 *в*.

Допустим, ты имеешь сердечник из пластин Ш-25 (Ш-образный, с шириной среднего язычка 25 *мм*) с толщиной пакета пластин 4 *см*. Значит, площадь сечения сердечника будет $2{,}5 \times 4 = 10$ *см*².

Узнаем число витков, которое для данного сердечника должно приходиться на 1 *в* напряжения:

$$\omega = 50/S = 50/10 = 5 \text{ витков.}$$

Теперь нетрудно определить числа витков в каждой обмотке: в сетевой обмотке должно быть $5 \times 220 \times 1\,100$ витков, в повышающей $5 \times 500 = 2\,500$ витков с отводом от 1250-го витка, в обмотке накала кенотрона $5 \times 5 = 25$ витков и в обмотке накала ламп $5 \times 6{,}3 = 32$ витка.

Если же трансформатор должен включаться в сеть с более низким напряжением, чем 220 *в*, например в сеть напряжением 127 *в*, нужно пересчитать только число витков сетевой обмотки. Однако можно поступить иначе: намотать ее с расчетом на 220 *в* с отводами на 110 и 127 *в* (как в схеме на рис. 167, *б*). В нашем примере для напряжения 110 *в* отвод надо сделать от 550-го витка, а для напряжения 127 *в* — от 635-го витка; вся обмотка будет включаться в сеть напряжением 220 *в*.

Точно так же рассчитывают и трансформаторы питания для транзисторных конструкций.

Для сетевой обмотки подойдет провод ПЭЛ 0,3-0,5 (для 110- и 127-вольтовых секций — толще, а для 220-вольтовой — тоньше), для повышающей обмотки ПЭЛ 0,15—0,2, для обмотки накала кенотрона ПЭЛ 0,8—1 и для обмотки накала ламп ПЭЛ 1—1,2. Обмотки трансформаторов с бóльшим или меньшим сечением сердечника, т. е. рассчитанные на бóльшие или меньшие мощности, нужно наматывать соответственно более толстым или более тонким проводом.

На каркас, который можно склеить из толстого картона или тонкой фанеры по размеру имеющегося сердечника, наматывай сначала сетевую обмотку, затем повышающую и последними обмотки накала ламп и накала кенотрона. Провода обмоток укладывай плотными рядами, виток к витку. Между рядами делай прокладки из тонкой бумаги в два слоя, а между обмотками — в пять-шесть слоев такой же бумаги или в два-три слоя более толстой. Выводы обмоток из тонкого провода делай более толстыми гибкими проводниками, пропуская их

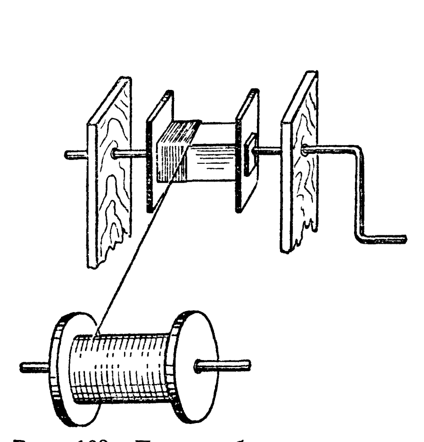


Рис. 169. Приспособление для намотки трансформатора.

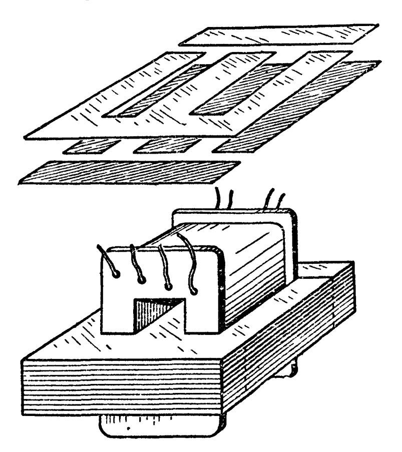


Рис. 170. Сборка сердечника трансформатора питания.

через отверстия в щечках каркаса. Назначение каждой обмотки и ее выводы сразу же пометь на каркасе.

Обмотки трансформатора удобно наматывать с помощью приспособления, показанного на рис. 169. Осью бруска, который плотно входит в окно каркаса трансформатора, служит металлический пруток толщиной 6—8 *мм*, изогнутый с одной стороны наподобие ручки. Пруток удерживается в отверстиях дощатых стоек. Одной рукой вращаешь ось, а другой укладываешь провод на каркасе.

Намотку можно делать и вручную, используя удлиненный брусок с ручкой, которую можно держать в руке.

Особое внимание обращай на равномерность и плотность укладки провода и на изоляцию между рядами и обмотками. При невыполнении первого условия требуемое число витков в обмотках может не уместиться на каркасе. А если не будет надежной изоляции между рядами и обмотками, то при включении трансформатора в сеть его обмотки могут «пробиться» — произойдет замыкание между обмотками или витками и трансформатор придется делать заново.

Пластины сердечника собирай «вперекрышку» (рис. 170) до полного заполнения окна каркаса и стягивай сердечник обоймой, болтами или шпильками с гайками, предварительно обернув их бумагой (через стягивающие болты пластины не должны замыкаться). Плохо стянутый сердечник будет гудеть.

Включать трансформатор в сеть можно только после окончательной сборки его и обязательно через предохранитель. При этом надо следить, чтобы выводы обмоток не соединялись между собой.

Если ты намерен сделать трансформатор для однополупериодного выпрямителя, повышающая обмотка должна иметь вдвое меньше витков и, конечно, без отвода. А если, кроме того, в выпрямителе будет использоваться селеновый столб или полупроводниковые диоды, то исключи и обмотку накала кенотрона.

Выпрямители

Теперь рассмотрим несколько практических схем выпрямителей. Начнем с однополупериодных выпрямителей.

Принципиальные схемы двух таких выпрямителей для питания ламповых конструкций показаны на рис. 171. Сетевые обмотки *I* трансформаторов $Тр_1$ обоих выпрямителей, рассчитанные на напряжения сети 110—220 *в*, идентичны. Они подключаются к сети выключателями $Вк_1$ через плавкие предохранители $Пр_1$ на ток 0,5—1 *а*.

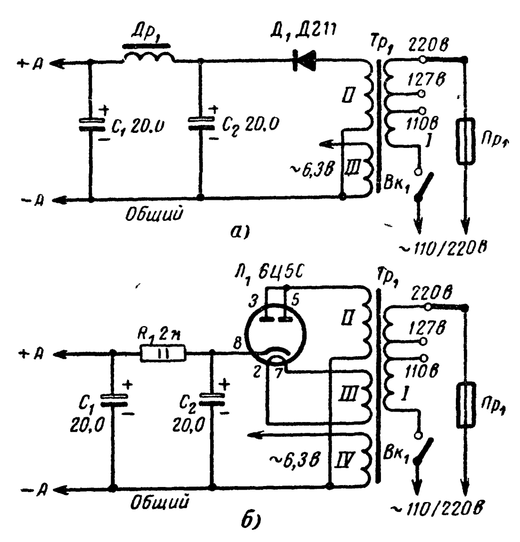


Рис. 171. Принципиальные схемы однополупериодных выпрямителей.

Повышающие обмотки трансформаторов обоих выпрямителей дают напряжение 220—250 *в*, обмотки накала ламп 6,3 *в*.

В выпрямителе по схеме на рис. 171, *а* работает диод Д211. Диоды этого типа рассчитаны на выпрямление тока до 100 *ма*, а их максимальное обратное напряжение 600 *в* (см. приложение 2). А если в твоем хозяйстве нет такого диода? Его можно заменить двумя включенными последовательно диодами типа Д226В или Д7Ж, которые надо будет зашунтировать резисторами сопротивлением по 100 *ком* (как это сделано в выпрямителе по схеме на рис. 172, *б*). Можно использовать диоды Д226А или Д7Д, но тогда их должно быть три, и также шунтировать их резисторами.

Зачем диоды, если их в выпрямителе несколько, шунтируют резисторами? Чтобы предупредить пробой диодов обратным напряжением.

Любой диод имеет определенный предел обратного напряжения, превышение которого приводит к пробою диода и потере им всех его выпрямительных свойств. При температуре 20° С этот предел для диодов Д226В или Д7Ж, например, не превышает 400 *в*, а для диодов Д226А и Д7Д — 300 *в*. С повышением температуры до 50—60° С, а в ламповой аппаратуре так оно и бывает, обратное напряжение уменьшается почти вдвое (см. приложение 2), в то время как напряжение на выходе выпрямителя достигает 250—260 *в* и более. Для одного диода это уже опасно. И вот, чтобы выпрямитель не вышел из строя, включают последовательно два-три диода.

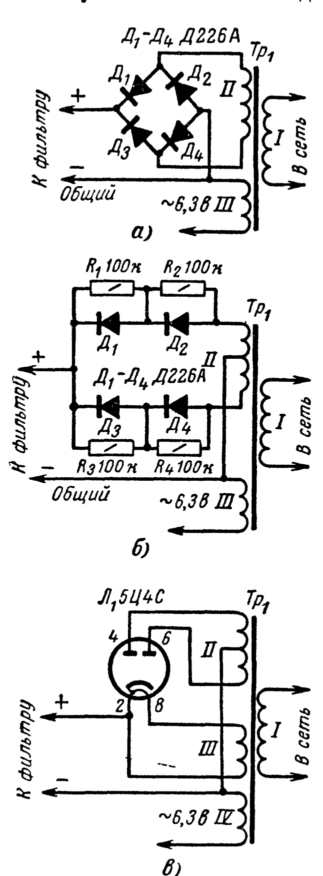


Рис. 172. Принципиальные схемы двухполупериодных выпрямителей.

Но подобрать два, а тем более три диода с совершенно одинаковыми внутренними сопротивлениями для обратного тока практически невозможно. А если поставить в выпрямитель диоды с разными обратными сопротивлениями, то они один за другим могут быть пробиты. При шунтировании диодов резисторами одинакового сопротивления обратное напряжение распределяется равномерно между ними и пробой диодов исключается.

В выпрямителе можно также использовать селеновый столб, включив его вместо диодов. Шунтировать его шайбы резистором не надо.

Особенность выпрямителя по схеме на рис. 171, *б* заключается только в том, что в нем работает кенотрон. Соответственно трансформатор питания имеет обмотку для питания нити накала этой лампы. Кенотрон 6Ц5С двуханодный. Здесь же оба анода соединены и, следовательно, кенотрон работает как одноанодный. Это увеличивает выпрямленный ток.

В таком выпрямителе могут работать также кенотроны 6Ц5С и 5Ц4С (цоколевка у них разная). Если будешь использовать кенотрон 5Ц4С, обмотка питания его нити накала должна давать напряжение 5 *в*. Вообще же в одноанодный кенотрон можно превратить почти любую лампу, соединив все ее сетки с анодом.

В фильтре выпрямителя по схеме на рис. 171, *а* стоит дроссель низкой частоты, а в фильтре выпрямителя по схеме на рис. 171, *б* — резистор. Но, как ты уже знаешь, дроссель можно заменить резистором, а резистор — дросселем. Предпочтение, однако, надо отдать дросселю — падение напряжения выпрямленного тока в фильтре будет меньше и сглаживание пульсаций лучше.

В обоих выпрямителях по схемам на рис. 171 один из выводов обмотки накала ламп соединен с отрицательным выводом выпрямителя. Этот проводник, обозначенный словом *Общий*, является общим для анодно-сеточных и накальных цепей радиоламп того устройства, которое будет питаться от выпрямителя. Так, между прочим, обычно делают не только в любительской, но и в промышленной радиоаппаратуре.

Теперь о двухполупериодном выпрямителе и его разновидностях.

На рис. 172 приведены три схемы наиболее распространенных вариантов двухполупериодного выпрямителя. Сетевые обмотки *I* трансформаторов, показанные упрощенно, могут быть любыми, лишь бы во вторичных обмотках действовали

нужные напряжения. Фильтры выпрямителей, вообще не показанные на схемах, аналогичны фильтру однополупериодного выпрямителя.

Разберем только наиболее характерные особенности этих выпрямителей.

Выпрямитель по схеме на рис. 172,*а* собран из четырех диодов Д226А (можно Д7Ж), включенных по так называемой мостовой схеме. Его четыре плеча образуют как бы две параллельные ветви, по два диода в каждой. Повышающая обмотка *II* дает переменное напряжение около 250 *в*.

Следи внимательно! Когда на верхнем конце обмотки *II* положительное напряжение, ток идет через диод $Д_1$, фильтр, нагрузку и далее по *Общему* проводнику, через диод $Д_4$ к обмотке *II*. Через диоды $Д_2$ и $Д_3$ ток идти не может, так как они включены навстречу этому току. При следующем полупериоде, когда плюс на нижнем конце обмотки *II*, ток идет по цепи: диод $Д_3$ — фильтр — полезная нагрузка — *Общий* проводник — диод $Д_2$. В этот момент времени иного пути для выпрямленного тока нет — диоды $Д_1$ и $Д_4$ его не пропускают. Меняются знаки напряжения на концах повышающей обмотки, а во внешней цепи выпрямителя течет ток одного и того же направления.

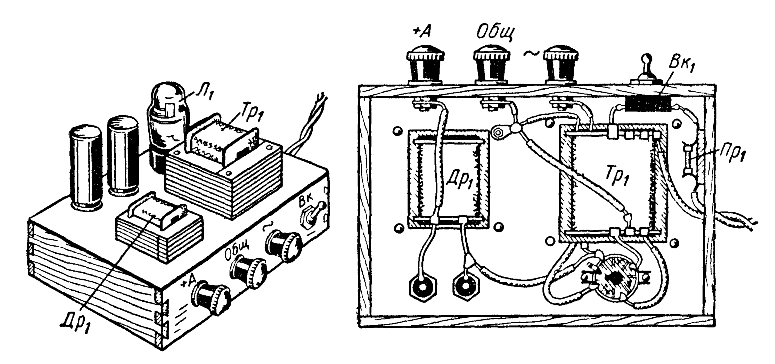


Рис. 173. Общий вид и монтаж двухполупериодного кенотронного выпрямителя.

Выпрямитель по схеме на рис. 172,*б* действует так же, как ранее разобранный нами двухполупериодный выпрямитель (см. рис. 166). Только там в каждом плече стоял один диод, а здесь — по два диода, которые зашунтированы резисторами. Напряжение на выходе выпрямителя примерно равно напряжению одной секции повышающей обмотки.

В выпрямителе по схеме на рис. 172,*в* используется двуханодный кенотрон с общим катодом 5Ц4С. В связи с этим трансформатор имеет еще обмотку для питания нити накала этой лампы. Работает выпрямитель анологично предыдущему: поочередно работает то один, то второй диод кенотрона, в результате чего происходит двухполупериодное выпрямление переменного тока.

С таким же успехом в этом выпрямителе могут работать кенотроны 6Ц4П и 6Ц5С, если обмотка *III* будет давать напряжение 6,3 *в*. Но помни: цоколевка этих ламп совсем иная, чем у кенотрона 5Ц4С.

Выпрямитель, будь то однополупериодный или двухполупериодный — безразлично, является составной частью приемного, усилительного или иного радиотехнического устройства с питанием от сети и обычно монтируется вместе с ним. Но выпрямитель как блок питания может быть самостоятельной конструкцией. В ряде случаев это очень удобно: схема и монтаж приемника могут изменяться, дополняться, а блок питания его будет оставаться одним и тем же. Может быть, и тебе так сделать?

Одна из возможных конструкций такого блока питания, смонтированного по схеме на рис. 172, *в*, с добавлением, конечно, сглаживающего фильтра, выключателя и плавкого предохранителя показана на рис. 173. Такой выпрямитель при-

годен для питания любого лампового приемника или усилителя низкой частоты, цепи анодов и экранирующих сеток которых потребляют ток до 125 *ма*.

Верхняя панель шасси — металлическая, толщиной 1,5—2 *мм*, боковые стенки — дощатые. Металлическая панель используется как общий проводник минуса выпрямителя и одного вывода обмотки накала ламп. Чтобы обеспечить контакт с панелью, а через нее с корпусами электролитических конденсаторов, под гайку крепежного болта дросселя подложен жестяной лепесток. К нему припаяны проводники, идущие к среднему выводу повышающей обмотки, обмотке накала ламп и выходному зажиму *Общий*. Трансформатор питания — самодельный. Из готовых подойдет любой трансформатор мощностью 70—80 *вт*.

В фильтре выпрямителя можно использовать либо заводской, либо самодельный дроссель. Данные самодельного дросселя следующие: сечение сердечника 4—6 *см*², число витков 4 000—5 000, провод ПЭЛ 0,15—0,2. Пластины сердечника собирай «встык». Между пачкой Ш-образных и замыкающих пластин проложи полоску тонкого картона, чтобы образовался воздушный зазор (рис. 174).

Дроссель фильтра выпрямителя можно заменить резистором Его сопротивление и мощность рассеяния зависят от тока, потребляемого нагрузкой от выпрямителя: чем больше ток, тем меньше должно быть сопротивление резистора и больше его мощность рассеяния. Сопротивление резистора фильтра, кроме того, должно быть таким, чтобы напряжение выпрямленного тока не падало на нем более чем на 10—20 *в*, иначе усиление и выходная мощность приемника или усилителя, питающегося от выпрямителя, снизятся.

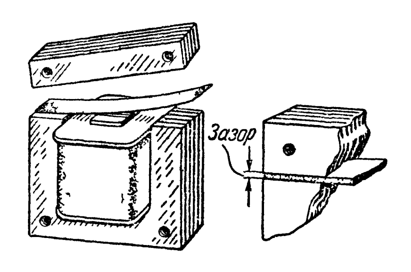


Рис. 174. Сборка сердечника дросселя низкой частоты.

Практически сопротивление резистора, включаемого в фильтр выпрямителя вместо низкочастотного дросселя, может быть от нескольких десятков ом до 1—2 *ком*, а его мощность рассеяния — от 1 до 5 *вт* Так, например, если приемник или усилитель потребляет от выпрямителя ток порядка 40—50 *ма*,в фильтре выпрямителя нужно использовать резистор сопротивлением 750—820 *ом* на мощность 1—2 *вт*. Если будет прослушиваться фон переменного тока, который не устраняется увеличением емкости конденсаторов фильтра, сопротивление резистора придется несколько увеличить.

Конденсаторы фильтра — электролитические на рабочее напряжение 450 *в* и емкостью не менее чем по 10 *мкф*, но лучше по 20 *мкф*: меньше будет прослушиваться фон переменного тока. Предохранитель рассчитан на ток 0,5 *а*. Для подключения трансформатора питания к электросети использован выключатель мгновенного действия — тумблер.

В выпрямителе вместо кенотрона можно использовать также диоды Д226В или Д7Ж, включив их по любой из знакомых тебе схем (см. рис. 172). Если используешь мостовую схему (рис. 172, *а*), повышающая обмотка должна давать 220—250 *в* переменного напряжения. Диоды смонтируй на монтажной планке.

Какими соображениями я руководствовался, рекомендуя тебе поначалу сделать кенотронный выпрямитель? В основном практическими. Дело в том, что кенотрон более стоек, чем полупроводниковые диоды, к перегрузкам, броскам тока, которые могут быть вызваны, например, ошибками в монтаже, замыканиями цепей, недоброкачественными деталями А такие случаи у тебя, пока нет достаточного опыта, будут. Если по каким-то причинам выпрямитель окажется без нагрузки, напряжение на его выходе сможет возрасти до 400—450 *в*. Для полупроводниковых диодов это напряжение опасно — может получиться пробой. Кенотрону же оно не причинит вреда. А если все же кенотрон по каким-то причи-

нам выйдет из строя, его проще заменить, да и стóит он меньше, чем несколько диодов.

Теперь о выпрямителе для питания транзисторных конструкций. Его принципиальная схема показана на рис. 175. Это — двухполупериодный выпрямитель на диодах $Д_1$ и $Д_2$, включенных встречно, с транзисторной стабилизацией выпрямленного тока (вместо знакомого тебе фильтра). Диоды $Д_1$ и $Д_2$ работают поочередно: когда положительная волна напряжения на верхнем (по схеме) выводе понижающей обмотки *II* трансформатора, ток идет через открытый в это время диод $Д_1$ и далее через нагрузку, транзистор T_1 — к среднему выводу обмотки *II*. Когда же положительная полуволна переменного напряжения на нижнем выводе обмотки *II*, диод $Д_1$ закрывается, а ток идет через открытый в это время диод $Д_2$ и далее по тому же пути, как и при первом полупериоде. Происходит двухполупериодное выпрямление. Напряжение выпрямленного тока равно примерно половине напряжения всей обмотки *II*.

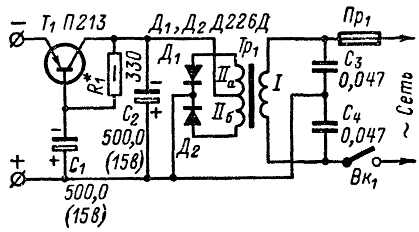


Рис. 175. Схема выпрямителя для питания транзисторных конструкций.

Стабилизация выпрямленного тока осуществляется транзистором T_1 совместно с электролитическими конденсаторами C_1 и C_2 большой емкости. Через резистор R_1 на базу транзистора подается открывающее его отрицательное напряжение смещения Изменением сопротивления этого резистора (обозначено звездочкой возле буквы R) можно управлять током через транзистор и таким

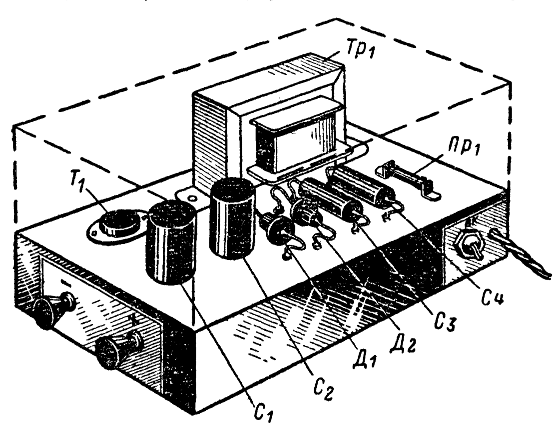


Рис. 176. Конструкция выпрямителя для питания транзисторных конструкций.

образом регулировать в некоторых пределах напряжение на выходе выпрямителя. Чем больше будет сопротивление резистора R_1, тем меньше будет напряжение на нагрузке выпрямителя.

С таким стабилизатором фон переменного тока настолько незначительный, что практически не прослушивается при работе приемника или усилителя.

Конденсаторы C_3 и C_4, блокирующие сетевую обмотку трансформатора на плюс выпрямителя, снижают уровень индустриальных помех, проникающих в цепи питания радиоконструкции из электроосветительной сети.

От такого выпрямителя можно питать практически любой транзисторный приемник, усилитель или прибор, если, конечно, он будет давать нужное напряжение. Значит,отпадет надобность в батареях, что особенно важно при налаживании аппаратуры. Поэтому-то я и рекомендую тебе сделать такой выпрямитель.

Примерная конструкция выпрямителя показана на рис. 176. Все его детали, кроме выключателя питания и выходных зажимов, расположенных на дощатом основании шасси, смонтированы на панели из листового гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 *мм*. Сверху выпрямитель накрывается защитным кожухом из фанеры (показан штриховыми линиями). Электролитические конденсаторы C_1 и C_2 типа К50-6 или КЭГ-2. Конденсаторы C_3 и C_4 на рабочее напряжение не менее 300 *в*.

Трансформатор питания — самодельный. Для него можно использовать сердечник, имеющий в сечении площадь порядка 3—5 *см*^{2}, например, сердечник из пластин Ш-16, толщина набора 20 *мм*. Примерно такие сердечники имеют выходные трансформаторы и дроссели низкой частоты выпрямителей ламповых радиовещательных приемников.

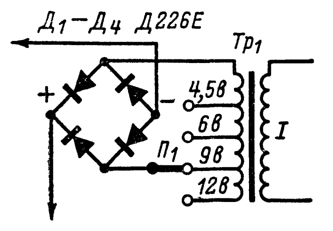


Рис. 177. Выпрямитель на несколько номиналов напряжений.

Расчет обмоток трансформатора делай так же, как и для трансформатора выпрямителя лампового варианта, о чем я уже говорил в этой беседе. Но вот вопрос: на какое напряжение должна быть рассчитана понижающая обмотка? В самом деле, ведь для разных приемников и усилителей могут потребоваться разные напряжения питания! Поначалу ты будешь собирать простые конструкции с расчетом на питание их от батареи КБС-Л-0,50, т. е. от источника тока с напряжением 4,5 *в*. Вот на это напряжение и рассчитывай секции $II_а$ и $II_б$ вторичной обмотки трансформатора питания. Первичную обмотку трансформатора наматывай проводом ПЭЛ 0,12—0,15, а вторичную — проводом такой же марки, но диаметром 0,25—0,35 *мм*.

Но можно поступить и так (рис. 177): сам выпрямитель собрать по мостовой схеме, а во вторичной обмотке, рассчитанной на 12 *в*, сделать отводы на напряжения 4,5, 6 и 9 *в*. Тогда путем переключения отводов обмотки на выходе выпрямителя можно будет получить разные напряжения — от 4,5 до 12 *в*.

Хорошо бы к выходу выпрямителя подключить контрольный вольтметр на 15—20 *в*, а последовательно с постоянным резистором R_1 сопротивлением 100—120 *ом* в базовую цепь транзистора включить реостатом переменный резистор на 500—1 000 *ом*. Тогда ты будешь иметь возможность по показаниям контрольного вольтметра регулировать переменным резистором выходное напряжение выпрямителя.

Выпрямитель для питания транзисторной аппаратуры, о котором я здесь рассказал, рассчитан на потребляемый от него ток до 300 *ма*. Это с запасом. Большинство же транзисторных приемников и усилителей потребляют от источников меньшие токи — несколько десятков миллиампер. Для питания таких конструкций в выпрямителе можно использовать диоды типа Д9Е, Д9К или подобные им точечные диоды, а в стабилизатор выпрямленного тока вместо мощного транзистора поставить любой из маломощных низкочастотных транзисторов (МП39—МП42).

Помни, что описанный здесь выпрямитель с транзисторным стабилизатором чувствителен к короткому замыканию на его выходе. Если оно произойдет хотя бы на долю секунды, стабилизирующий транзистор выйдет из строя и его придется заменять новым.

Расскажу еще об одном выпрямителе — для зарядки аккумуляторов.

Зарядное устройство для дисковых аккумуляторов

Заряжать дисковые аккумуляторы и составленные из них батареи можно от выпрямителя, о котором мы только что закончили разговор. Но для этой цели можно смонтировать более простое зарядное устройство. Схема такого устройства показана на рис. 178. Это бестрансформаторный однополупериодный выпрямитель на одном диоде типа Д226А или Д7Ж. Резисторы R_1 и R_2, включенные в цепь выпрямителя, гасят избыточное напряжение сети переменного тока. Для сети напряжением 220 *в* работают оба резистора, суммарное сопротивление которых составляет 9 *ком*. Если же устройство подключается к сети с напряжением 127 *в*, то резистор R_2 замыкают накоротко выключателем $Вк_1$. В этом случае избыточное напряжение гасится только резистором R_1.

Рис. 178. Схема бестрансформаторного выпрямителя для зарядки аккумуляторов.

Если будешь пользоваться только сетью с напряжением 127 *в*, то резистор R_2 и выключатель $Вк_1$ можешь исключить, а если только сетью 220 *в*, то вместо двух резисторов поставь один резистор сопротивлением 9,1 *ком*; выключатель в этом случае тоже не нужен.

Режим заряда дисковых аккумуляторов указан в приложении 6. Превышать ток, рекомендуемый для зарядки того или иного аккумулятора, не следует — можно испортить его. Аккумулятор считается заряженным, когда его напряжение равно 1,25—1,3 *в*.

Обычно для питания транзисторного приемника используют не один, а три-четыре аккумуляторных элемента, соединенных последовательно в батарею. Заряжать надо целиком батарею, а не каждый элемент в отдельности, обеспечив надежные контакты между ними. Величина зарядного тока остается той же, что и для одного аккумулятора.

А теперь...

Коротко о технике безопасности

Любой выпрямитель преобразует ток электроосветительной сети. Напряжение в сети 127 или 220 *в*, а в выпрямителе лампового приемника еще больше. Опасно ли это? Да, опасно! Вот об этом-то ты и должен все время помнить.

Иногда, балуясь или хвастая, ребята касаются рукой оголенного провода или контактов штепсельной розетки. Вроде ничего опасного. Но может случиться непоправимое. Электросеть не любит шуток, не признает невнимательного отношения к себе.

Все зависит от электрического сопротивления тела человека и изоляции его от земли, влажности пола, на котором он стоит.

У разных людей в разном возрасте электрическое сопротивление тела может быть от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч ом. И если человек со сравнительно небольшим сопротивлением тела коснется проводов электросети, через него может пройти значительный ток.

Простой расчет: если напряжение сети 220 *в*, а сопротивление тела 22 *ком*, то ток по закону Ома будет равен 220:22 000 = 0,01 *а*. Такой ток для человека опасен, но не смертелен. А если сопротивление мало — всего 2,2 *ком*? Тогда ток возрастет до 220:2 200 = 0,1 *а*. Такой ток уже смертельно опасен!

Будь внимателен, когда имеешь дело с электросетью. Если надо внести какие-то изменения в выпрямитель или питающийся от него приемник, отключи выпрямитель от сети и только тогда делай то, что нужно. Вообще же внимательность — залог успеха.

○

БЕСЕДА ОДИННАДЦАТАЯ

Микрофоны, звукосниматели и громкоговорители

Со следующей беседы ты приступишь к конструированию усилителей низкой частоты, дающих возможность слушать радиопередачи не на головные телефоны, а на громкоговоритель.

Усилитель низкой частоты можно использовать для усиления речей, например, для школьного радиоузла. Первым звеном такого радиотехнического устройства будет микрофон, а конечным — громкоговорители.

Усилитель низкой частоты можно приспособить для громкого воспроизведения грамзаписи. Для этого потребуется звукосниматель — прибор, с помощью которого записанный на грампластинке звук преобразуется в электрические колебания. Конечным звеном этого устройства также будет громкоговоритель.

Как же устроены и работают микрофоны, звукосниматели и громкоговорители.

Микрофоны

Микрофон, как ты уже знаешь, преобразует звуковые колебания воздуха в электрические колебания низкой частоты, которые могут быть усилены и затем преобразованы в звук. Наиболее распространены угольные и электродинамические микрофоны.

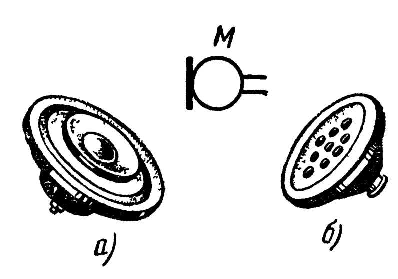


Рис. 179. Угольные микрофоны.

а — капсюль МК-10; *б* — капсюль МК-59.

В середине — условное изображение микрофонов на схемах

Внешний вид некоторых угольных микрофонов показан на рис. 179. Это так называемые микрофонные капсюли типов МК-10 и МК-59, широко используемые в телефонии. Они популярны и среди радиолюбителей.

Устройство угольного микрофона в упрощенном виде, принцип его действия и графики, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 180.

Микрофон этого типа представляет собой металлическую коробку с угольным порошком, которую прикрывает гибкая металлическая или угольная мембрана. Мембрана изолирована от коробки. Ток между ними может проходить только через угольный порошок. Источником этого тока является батарея *Б*.

Пока мембрана находится в спокойном состоянии (рис. 180, *а*), в цепи микрофона, образованной батареей и угольным порошком, течет ток $I_м$. Величина этого тока зависит главным образом от сопротивления угольного порошка, что определяется плотностью прилегания частиц порошка друг к другу

Но вот перед микрофоном начали говорить. Под действием звуковых волн мембрана стала колебаться, то прогибаясь внутрь коробки при сгущениях воздуха (рис. 180,*б*), то выгибаясь наружу (рис. 180,*в*). Колеблясь, мембрана то

уплотняет частицы угольного порошка, отчего его сопротивление уменьшается, то расслабляет контакты между ними, отчего сопротивление микрофонной цепи увеличивается. А если изменяется сопротивление микрофонной цепи, то (по закону Ома) изменяется ток в этой цепи.

Пока перед микрофоном не говорили, ток в его цепи был постоянным по величине. Как только начали говорить, ток в микрофонной цепи стал пульсировать с частотой звуковых колебаний. Микрофон, следовательно, преобразовал звуковые колебания воздуха в электрические колебания низкой частоты. Если в микрофонную цепь включить электромагнитный телефон, то электрические колебания будут преобразованы им в звуковые колебания.

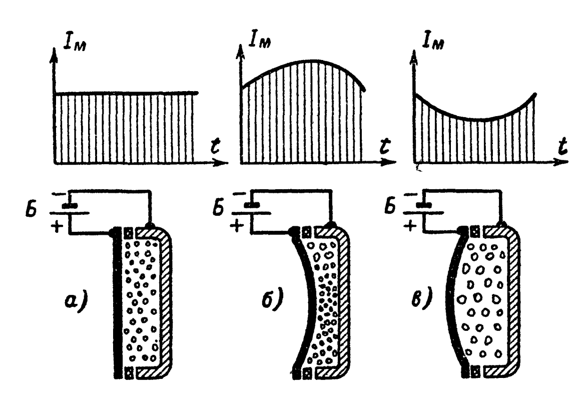


Рис. 180. Работа угольного микрофона.

Ток звуковой частоты в микрофонной цепи слагается из двух его составляющих — п о с т о я н н о й, соответствующей среднему значению тока в цепи (график на рис. 180,*а*), и п е р е м е н н о й, соответствующей амплитудным значениям колебаний тока, созданных микрофоном. В телефонии и в радиотехнических устройствах по проводам передают обычно только переменную составляющую, а постоянную составляющую, выполнившую свою задачу, как правило, замыкают в очень короткой микрофонной цепи.

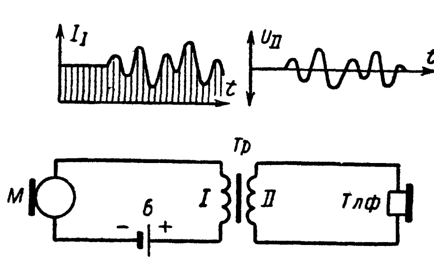


Рис. 181. Разделение тока звуковой частоты в цепи угольного микрофона на его составляющие.

Такое разделение тока звуковой частоты на его составляющие можно осуществить, например, с помощью трансформатора, что и иллюстрирует рис. 181. Здесь микрофон *М*, источник тока *Б* и обмотка *I* трансформатора *Тр* образуют микрофонную цепь — первичную, а обмотка *II* трансформатора и телефон *Тлф* — вторичную цепь микрофона. В первичной цепи, как и прежде, течет ток, пульсирующий в такт со звуковыми колебаниями воздуха перед микрофоном. Колебания этого тока индуцируют во вторичной обмотке трансформатора переменную э. д. с. звуковой частоты, которая заставляет телефон звучать. Именно так, между прочим, и передается разговор по проводам в телефонии. Но напряжение со вторичной обмотки трансформатора можно подать на управляющий электрод

транзистора или электронной лампы, чтобы усилить его, а затем преобразовать в звук. Так именно и делают при усилении речей.

Если в твоем хозяйстве найдется угольный микрофон и трансформатор, а головные телефоны у тебя, надеемся, уже есть, ты сможешь все то, о чем мы сейчас рассказали, проверить на опыте.

А как устроены и работают электродинамические микрофоны?

Внешний вид и разрез одного из наиболее распространенных среди радиолюбителей электродинамических микрофонов — микрофон МД-41 — показаны на рис. 182. Микрофон этого типа имеет сильный постоянный магнит, напоминающий толстостенный стакан с круглым сердечником в середине. Такой магнит, если разрезать его вдоль сердечника, похож на букву Ш. К стороне, противоположной «дну» магнита, прикреплен ф л а н е ц — стальная накладка с круглым отверстием в середине. Между фланцем и сердечником имеется узкий воздушный кольцевой зазор, в котором создается сильное магнитное поле.

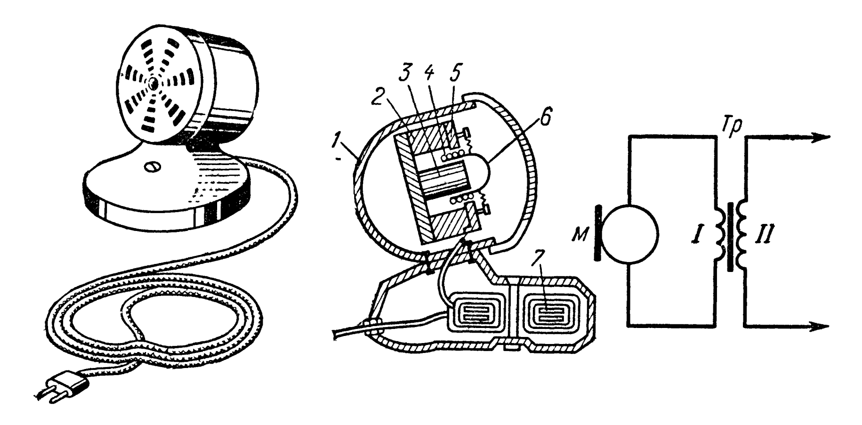


Рис. 182. Устройство электродинамического микрофона и его схема.

1 — корпус; *2* — магнит; *3* — сердечник; *4* — звуковая катушка; *5* — фланец; *6* — мембрана; *7* — трансформатор.

В кольцевом магнитном поле, не касаясь ни сердечника, ни фланца, расположена катушка из изолированного провода. Катушка скреплена с м е м б р а н о й, сделанной из тонкого алюминия. Ее края гофрированы, благодаря чему бóльшая часть поверхности мембраны и скрепленная с нею катушка обладают подвижностью.

Принцип работы этого микрофона основан на электромагнитной индукции, о которой я рассказывал тебе раньше. Пока катушка микрофона неподвижна, в ней не индуцируются электрические колебания, хотя она и находится в самой гуще магнитных силовых линий. Но вот перед микрофоном зазвучала струна. Сразу же в такт с областями пониженного и повышенного давления звуковых волн начинает колебаться мембрана микрофона. Колеблясь, она увлекает за собой катушку. При этом катушка пересекает магнитные силовые линии и в ней индуцируется переменное напряжение той же частоты, что и у звуковых колебаний. Чем выше тон звука, тем выше частота этого тока. Чем громче звук, тем больше амплитуда электрических колебаний звуковой частоты.

В микрофонной подставке находится трансформатор, с помощью которого напряжение звуковой частоты, созданное электромагнитной системой микрофона, повышается и передается по проводам к усилителю низкой частоты. Этот трансформатор называют с о г л á с у ю щ и м: кроме повышения напряжения, он еще согласует малое сопротивление катушки микрофона с относительно большим входным сопротивлением усилителя низкой частоты.

Какой микрофон лучше — угольный или электродинамический? По качеству преобразования звуковых колебаний в электрические — электродинамический, а по чувствительности — угольный.

Звукосниматели

Существует два типа звукоснимателей: электромагнитные и пьезоэлектрические.

Устройство и внешний вид одного из старейших конструкций электромагнитных звукоснимателей, предназначенных для проигрывания грампластинок при помощи пружинного механизма, показаны на рис. 183. В нем имеется подковообразный постоянный магнит с С-образными полюсными наконечниками. Между ними укреплена намотанная из тонкой изолированной проволоки катушка. Внутри катушки находится стальная пластинка — якорь. Выступающая вниз часть якоря заканчивается иглодержателем, в который вставляется и зажимается винтом граммофонная игла. Якорь удерживается в среднем положении надетой на него эластичной резиновой трубкой. Если кончик иглы отклонить вправо, то противоположный конец якоря отклонится влево. Если же кончик иглы отклонить влево, то противоположный конец якоря отклонится вправо. Каждое колебание якоря вызывает изменение состояния магнитного поля в зазоре полюсных наконечников, а изменяющееся магнитное поле возбуждает в катушке переменное напряжение.

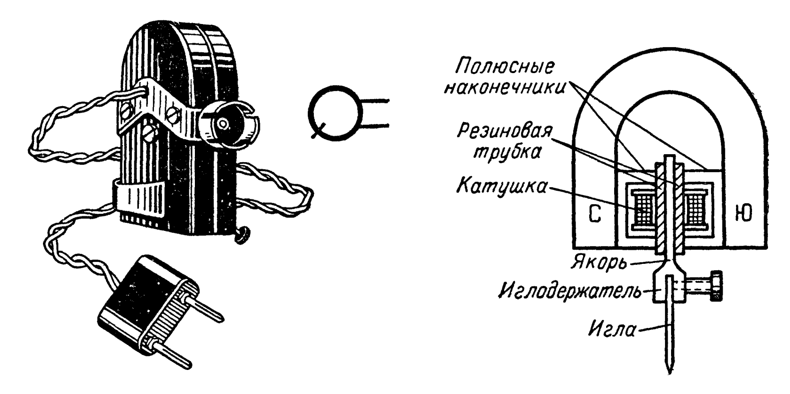


Рис. 183. Электромагнитный звукосниматель.

Рассматривая внимательно граммофонную пластинку, ты, конечно, видел на ней зигзагообразную бороздку, идущую по спирали. Эта бороздка — «рисунок» звука, записанного на пластинке. При проигрывании пластинки кончик иглы звукоснимателя, следуя за всеми извилинами бороздки, колеблет якорь, поток магнитных силовых линий в нем изменяется, а в катушке возбуждается переменное напряжение звуковой частоты. Его величина при самых громких записанных звуках не превышает 0,1—0,3 *в*. Но если это напряжение усилить при помощи электронных ламп или транзисторов, то громкоговоритель, включенный на выходе усилителя, громко воспроизведет звук, записанный на грампластинке.

Механизм пьезоэлектрического звукоснимателя в простейшем виде показан на рис. 184. Основной частью его является пьезоэлемент, состоящий из пластинки сегнетовой соли или фосфата аммония и титано-бариевой керамики. Один конец пьезоэлемента зажат неподвижно, а другой скреплен с иглодержателем. При проигрывании грампластинки кончик иглы колеблется, а пьезоэлемент от этого вибрирует. Вибрация пьезоэлемента создает на поверхностях его пласти-

нок переменные электрические заряды с частотой, соответствующей частоте звука, записанного на пластинке. Получающееся переменное напряжение звуковой частоты через выводы пьезоэлемента и соединительные проводники подается к усилителю низкой частоты, а от него — к громкоговорителю.

Рис. 184. Механизм пьезоэлектрического звукоснимателя.

Пьезоэлектрический звукосниматель развивает бо́льшее напряжение, чем электромагнитный. Но пьезоэлектрический звукосниматель уступает электромагнитному в механической прочности. От ударов по игле или корпусу звукоснимателя пьезоэлемент трескается, ломается. Испорченный пьезоэлемент не поддается ремонту.

Конструктивное оформление звукоснимателей очень разнообразно. Чаще всего головки звукоснимателей монтируют в специальных держателях из пластмассы, называемых **тонармами** (рис. 185).

В настоящее время наиболее распространены долгоиграющие пластинки. Их спиральные канавки расположены очень близко одна к другой и имеют меньшую ширину, чем обычные. Для проигрывания этих пластинок нужны легкие

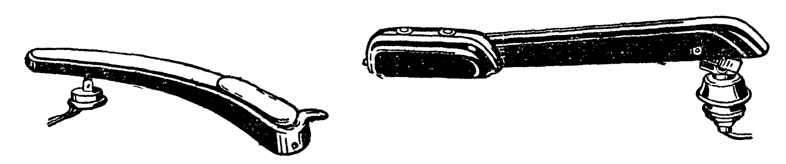


Рис. 185. Звукосниматели с тонармами.

звукосниматели. Поэтому подавляющее большинство современных звукоснимателей имеют пьезоэлектрические головки. В универсальных звукоснимателях головки поворачиваются: одна сторона их рассчитана на проигрывание обычных, а другая — долгоиграющих пластинок.

В связи с развитием стереофонической записи и стереофонического (объемного) звуковоспроизведения усложнились и головки звукоснимателей, предназначенные для этой цели.

Громкоговорители

Громкоговорители создают звуковые волны в воздухе мембранами конусообразной формы, сделанными из бумажной массы. Их называют **диффузорами**. Некоторые громкоговорители имеют металлические рупоры. Такие громкоговорители предназначены главным образом для радиофикации площадей, улиц, парков, стадионов.

Есть громкоговорители с большими диффузорами, напоминающие внешним видом тарелку. Это устаревшие электромагнитные громкоговорители типа «Рекорд».

Громкоговоритель «Рекорд», как и электромагнитный телефон, имеет сильный постоянный магнит, на полюсные наконечники которого насажены катушки из тонкого провода. Около полюсных наконечников находится якорь — железная пластинка, скрепленная иглой с вершиной конусообразного диффузора. Когда через катушки идет ток низкой частоты, якорь колеблется и колеблет диффузор.

Громкоговоритель «Рекорд», если он окажется в твоем распоряжении, можно применять в простых приемниках, включая его непосредственно в коллекторную цепь транзистора или анодную цепь радиолампы. Недостаток электромагнитных громкоговорителей — низкое качество воспроизведения звука.

Сейчас наша промышленность выпускает главным образом электродинамические громкоговорители, дающие более высококачественное воспроизведение звука. За счет потребления ими бо́льшей энергии тока звуковой частоты они могут дать и более громкое звучание по сравнению с электромагнитными громкоговорителями.

Электродинамический громкоговоритель с постоянным магнитом и схематическое обозначение громкоговорителей показаны на рис. 186. Его электромагнитный механизм устроен так же, как механизм электродинамического микрофона. Между центральным стержнем кольцевого магнита — к е р н о м и фланцем — н а к л а д к о й магнита с круглым отверстием в центре имеется зазор, в котором создается сильное магнитное поле. В этом зазоре находится катушка, намотанная на бумажном каркасе, скрепленном с вершиной бумажного диффузора.

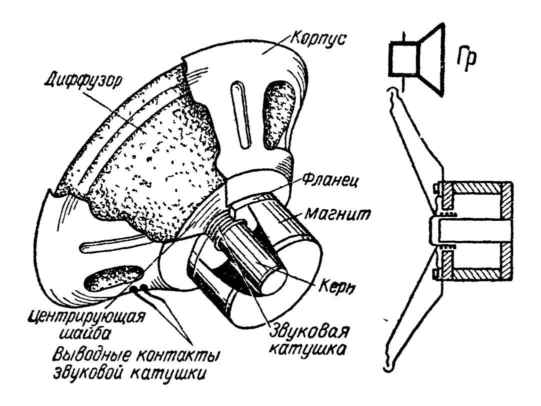


Рис. 186. Устройство электродинамического громкоговорителя.

Ее называют з в у к о в о й к а т у ш к о й. При помощи центрирующей шайбы, приклеенной на стыке каркаса звуковой катушки и вершины диффузора, звуковая катушка устанавливается точно в середине магнитного зазора. Благодаря гофрам центрирующей шайбы звуковая катушка может колебаться в магнитном поле, не задевая ни за керн, ни за фланец магнита.

Края диффузора тоже гофрированы, что придает ему подвижность, и приклеены к ободу металлического корпуса. Выводы звуковой катушки сделаны изолированным многожильным проводом и снабжены контактными лепестками, укрепленными с помощью изоляционной пластинки на корпусе.

Действует электродинамический громкоговоритель так. Пока через звуковую катушку ток не идет, она покоится в середине магнитного зазора. Когда в катушке появляется ток, вокруг нее возникает магнитное поле, которое взаимодействует с полем магнита. При одном направлении тока катушка выталкивается из зазора, а при другом — втягивается в него. При пропускании через катушку переменного тока звуковой частоты катушка колеблется в зазоре с этой же частотой. Вместе с катушкой колеблется и диффузор, создавая в воздухе звуковые волны.

Внешне электродинамические громкоговорители различаются размерами, формой диффузора, конструкцией магнитной системы. Наиболее распространенные громкоговорители имеют круглые диффузоры (рис. 187,*а*) диаметром при-

мерно от 30 до 350 *мм*. Самые маленькие из них используются главным образом в транзисторных приемниках. В некоторых громкоговорителях внутри диффузора вклеивается жесткий бумажный конус, улучшающий воспроизведение наиболее высоких частот звукового диапазона. Есть громкоговорители с эллиптическими (овальными) диффузорами. Такая форма диффузора (рис. 187,*б*) качества звуковоспроизведения не улучшает, а лишь создает некоторое удобство размещения громкоговорителя.

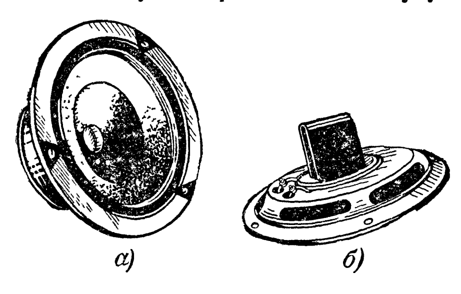


Рис. 187. Электродинамические громкоговорители.

а — с круглым диффузором; *б* — с эллиптическим диффузором.

Магнит может иметь не только кольцеобразную форму, но и квадратную, рамочную.

Ты можешь встретить устаревший электродинамический громкоговоритель с подмагничиванием. Он не имеет постоянного магнита. На керн такого громкоговорителя надета катушка, содержащая несколько тысяч витков. Ее называют катушкой подмагничивания или возбуждения. Питается она от выпрямителя. Когда через нее идет постоянный ток, получается электромагнит, создающий в кольцевом зазоре, где находится звуковая катушка, сильное магнитное поле. В остальном громкоговоритель с подмагничиванием ничем не отличается от громкоговорителя с постоянным магнитом.

Громкоговорители с подмагничиванием выпускались только для сетевых приемников и усилителей.

Есть более простые конструкции электродинамических громкоговорителей — бескаркасные. Устройство такого громкоговорителя показано на рис. 188. Его электромагнитная система находится под диффузором и крепится к доске с вырезами для прохода звуковых волн. К ней же приклеиваются края диффузора. Звуковая катушка удерживается в кольцевом магнитном зазоре с помощью винта, пропущенного через отверстие в фигурной центрирующей шайбе, вклеенной внутрь каркаса звуковой катушки.

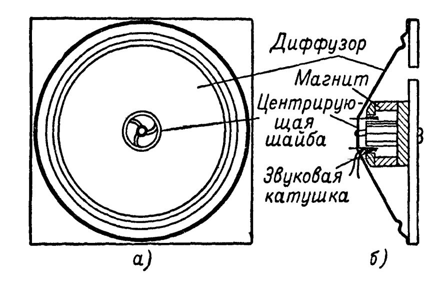


Рис. 188. Бескаркасный электродинамический громкоговоритель.

а — вид сзади; *б* — разрез.

Размеры, вес и форма диффузора и конструкция магнитной системы электродинамических громкоговорителей могут быть разными, но принцип работы их один и тот же.

Познакомившись с устройством и работой электродинамического громкоговорителя и сравнивая его с микрофоном, у тебя должен возникнуть вопрос: нельзя ли заставить громкоговоритель работать как микрофон, а микрофон, наоборот, как громкоговоритель? Можно! Так радиолюбители делают. Но чаще они используют громкоговорители в качестве микрофонов, о чем я тебе еще расскажу.

Каждый тип электромагнитного громкоговорителя маркируют цифрами и буквами. Например: 0,1ГД-6, 1ГД-3, 3ГД-1. Первая цифра характеризует номинальную мощность громкоговорителя, выраженную в ваттах (*вт*) или, что по существу то же самое, в вольт-амперах (*ва*), т. е. произведением переменного напряжения низкой частоты, подводимого к звуковой катушке, на ток, протекающий через катушку. Буквы ГД — первоначальные буквы слов «громко-

говоритель динамический». Следующая за ними цифра — условный номер конструкции.

Номинальная мощность — наибольшая мощность тока звуковой частоты, которую можно подводить к звуковой катушке, не опасаясь, что громкоговоритель будет искажать звуки и быстро испортится. Это наиболее важный параметр, характеризующий громкоговоритель. Но не путай его с громкостью звучания, т. е. с амплитудой звуковых колебаний. Если взять два громкоговорителя с номинальными мощностями 1 и 3 *вт* и подать к каждому из них по 1 *вт* мощности тока звуковой частоты, то первый будет звучать громче второго, хотя номинальная мощность его в 3 раза меньше. Второй из них будет звучать громче первого только в том случае, если он будет получать ту мощность, на которую он рассчитан.

Это обстоятельство ты должен учитывать, подбирая громкоговорители для своих конструкций.

Второй важный параметр громкоговорителя — частотная характеристика, т. е. показатель номинальной полосы звуковых частот, которые он равномерно и без заметных искажений воспроизводит. Границы этой полосы выражаются в герцах, например 315—7 000 *гц*. Громкоговоритель с такой характеристикой хорошо воспроизводит звуковые частоты от 315 до 7 000 *гц* и плохо — более низкие (до 315 *гц*) и более высокие (выше 7 000 *гц*). Чем шире диапазон частот, равномерно воспроизводимый громкоговорителем, тем он лучше.

Малогабаритные динамические громкоговорители, имеющие диффузоры небольших размеров, в этом отношении всегда уступают громкоговорителям с большими диффузорами. Номинальный диапазон частот у громкоговорителя типа 0,1ГД-6, например, предназначенного для транзисторных приемников, 450—3 150 *гц*, а у громкоговорителя типа 4ГД-4 63—12 500 *гц*. Частотная характеристика первого громкоговорителя по сравнению с характеристикой второго хуже. Но нельзя сказать, что он плохой. Для малогабаритного транзисторного приемника, к которому предъявляются более низкие требования, он подходит лучше, чем второй, предназначенный для приемника с более высокими требованиями к качеству звучания.

Эти и некоторые другие параметры электродинамических громкоговорителей обычно указывают в их паспортах. Они есть и в приложении 8, помещенном в конце книги.

Рассмотрев внимательно четвертую колонку этого приложения, ты заметишь, что только у некоторых типов громкоговорителей (0,05ГД, 0,1ГД-9) звуковые катушки обладают сопротивлением 60 *ом*. Эти малогабаритные громкоговорители специально разработаны для транзисторных приемников. Их звуковые катушки, намотанные сравнительно тонким проводом и содержащие большее число витков, чем другие, включаются непосредственно в коллекторную цепь транзистора-усилителя без каких-либо промежуточных деталей.

Звуковые катушки подавляющего большинства громкоговорителей, предназначенных для радиотрансляционных сетей, радиоприемников, телевизоров, радиол, имеют небольшое число витков, намотанных проводом 0,15—0,2 *мм*, поэтому их сопротивление мало: всего 4—8 *ом*. Рассчитаны они на напряжение звуковой частоты порядка нескольких вольт, но при значительных токах. Такие громкоговорители включают не непосредственно в анодные цепи радиоламп или коллекторные цепи транзисторов, а через трансформаторы. Трансформаторы согласуют напряжения и токи усилительных приборов с напряжениями и токами громкоговорителей. Понижая напряжение до нескольких вольт, они позволяют звуковым катушкам потреблять токи до нескольких ампер.

Эти согласующие трансформаторы, используемые в приемниках и усилителях низкой частоты, ставят в цепи выходных, т. е. оконечных, мощных усилительных приборов, поэтому их принято называть выходными трансформаторами.

Примером подключения громкоговорителя к выходной лампе усилителя может служить схема, изображенная на рис. 189. Выходной трансформатор *Тр* первичной обмоткой *I* включен в анодную цепь лампы. Колебания низкой частоты,

усиленные лампой, возбуждают во вторичной обмотке такие же колебания, но более низкого, чем в анодной цепи, напряжения, которые подаются на звуковую катушку громкоговорителя.

Параллельно первичной обмотке трансформатора подключают обычно конденсатор, улучшающий условия работы усилителя.

Согласование напряжения и тока звуковой катушки громкоговорителя и выходной цепи усилительного устройства — обязательное условие для наиболее эффективного использования энергии звуковой частоты, отдаваемой выходным каскадом усилителя громкоговорителю.

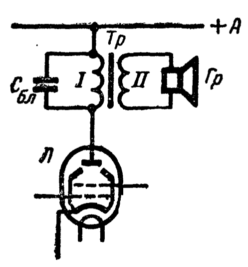


Рис. 189. Схема подключения электродинамического громкоговорителя к анодной цепи лампы-усилителя.

Сердечники выходных трансформаторов усилителей на электронных лампах имеют керны, площадь сечения которых колеблется примерно от 2,5 до 8 *см*^{2}. Первичные обмотки таких трансформаторов содержат по 2 000—4 000 витков провода ПЭВ 0,1—0,15, а вторичные — по 50—100 витков провода ПЭВ 0,5—0,8. Данные выходных трансформаторов радиовещательных приемников, которыми можно воспользоваться при намотке трансформатора для громкоговорителя с известным сопротивлением звуковой катушки, а также при перемотке испорченных выходных трансформаторов, ты можешь найти в соответствующей справочной литературе.

В том случае, если мощность и сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, предполагаемого использовать в приемнике или усилителе низкой частоты на электронных лампах, неизвестны, рекомендуем изготовить выходной трансформатор по следующим данным: сечение керна сердечника 4—5 *см*^{2}; первичная обмотка 2 500 витков провода ПЭВ 0,12—0,15; вторичная обмотка 100 витков провода той же марки, но диаметром 0,5—0,8 *мм*; воздушный зазор 0,2 *мм*. Во вторичной обмотке сделай несколько отводов примерно через 10 витков, начиная с 50-го витка. Отводы позволят опытным путем подобрать

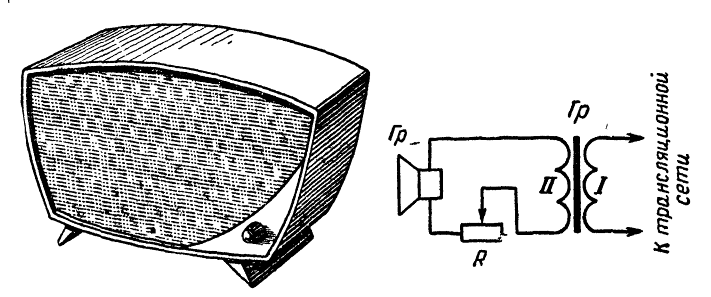


Рис. 190. Абонентский громкоговоритель.

наивыгоднейшие условия работы громкоговорителя и выходной лампы. На каркас намотай сначала первичную обмотку, затем вторичную. Провод укладывай плотными рядами, виток к витку. Между рядами делай прокладки из двух-трех слоев конденсаторной, папиросной или «компрессной» бумаги, а между обмотками — слой более толстой бумаги или четыре-пять слоев тонкой. Следи, чтобы витки вторичной обмотки возле щечек каркаса не проваливались между витками первичной обмотки.

Выходные трансформаторы транзисторных приемников или усилителей отличаются от трансформаторов ламповых приемников в основном лишь малыми размерами.

Громкоговорители мощностью 0,1—0,5 *вт*, используемые для радиотрансляционных сетей, монтируются в изящных футлярах и снабжаются согласующими понижающими трансформаторами и, кроме того, регуляторами громкости. Их называют а б о н е н т с к и м и громкоговорителями.

Один из таких громкоговорителей и его схема показаны на рис. 190. Регулятор громкости — переменный резистор R — в этом громкоговорителе включен последовательно со звуковой катушкой. В других абонентских громкоговорителях регуляторы громкости в виде переменных резисторов или переключателей отводов могут быть в цепях как вторичной, так и первичной обмотки трансформатора. Первичные обмотки трансформаторов абонентских громкоговорителей рассчитаны на напряжение звуковой частоты 30 или 15 *в*. Есть громкоговорители, рассчитанные на оба эти напряжения. Переключение с одного напряжения на другое достигается перепайкой одного из проводов шнура на выводах первичной обмотки трансформатора.

Следует отметить, что эти напряжения громкоговорители получают от радиотрансляционной сети при наиболее громкой передаче. Чем меньше громкость передачи, тем меньшее напряжение звуковой частоты получает громкоговоритель от сети.

Абонентские громкоговорители вместе с их согласующими трансформаторами можно иногда использовать для простых приемников.

Обращаться с громкоговорителями надо очень осторожно, чтобы не попортить звуковую катушку или диффузор. Громкоговоритель с порванным диффузором, даже если он заклеен, работает хуже.

Самодельные громкоговорители для транзисторных приемников

В транзисторных приемниках, выпускаемых нашей промышленностью, а также изготовляемых радиолюбителями, используются малогабаритные электродинамические громкоговорители мощностью до 0,5 *вт*, такие как 0,1ГД-3, 0,1ГД-6, 0,25ГД-1, 0,5ГД-10.

Радиолюбители широко используют в своих приемниках в качестве громкоговорителей телефоны, микрофоны или телефонные капсюли электромагнитных систем, превращая их в громкоговорители. Так, возможно, будешь поступать и ты.

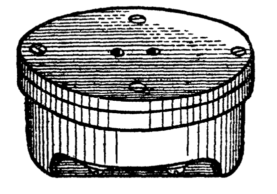
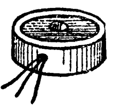



Рис. 191. Микрофон типа ДЭМ-4 (слева) и телефонный капсюль ДЭМШ-1 (справа).

Внешний вид некоторых из этих приборов показан на рис. 191. Микрофон ДЭМ-4 по своему устройству очень похож на электромагнитный телефон и имеет примерно такие же размеры. Его звуковая катушка имеет сопротивление 50—60 *ом*. Включается он непосредственно в коллекторную цепь транзистора. Звучит он достаточно громко, но полоса воспроизводимых им частот по сравнению с электродинамическими громкоговорителями более узкая.

Капсюль ДЭМШ-1 имеет диаметр около 20 *мм*. Он может воспроизводить более широкий диапазон звуковых частот, но для этого надо приделать диффузор, превратив капсюль в малогабаритный громкоговоритель. Расскажу, как это сделать. Но учти, юный друг, работа эта очень тонкая. Запасись терпением, а главное — будь аккуратен.

Прежде всего, как устроен и работает этот электромагнитный прибор? В нем (рис. 192) два кольцеобразных магнита, к которым приклеены стальные накладки, выполняющие роль, аналогичную роли полюсных наконечников электромаг-

нитного телефона. В своеобразных чашечках, образуемых магнитами и их накладками, находятся катушки, намотанные очень тонким проводом. Катушки соединены последовательно. Мембрана, представляющая собой диск из тонкой жести, по окружности зажата между кольцевыми прокладками. Все эти детали стянуты обоймой из немагнитного металла. Мембрана может свободно изгибаться из стороны в сторону, не касаясь ни магнита, ни его накладок, ни катушки.

Мембрана установлена точно между изогнутыми внутрь магнитными накладками и, испытывая одинаковое притяжение к ним, находится как бы в равновесии. Но такое равновесие будет только до тех пор, пока в катушках нет тока. Как только появится ток, вокруг них появятся магнитные поля, которые будут усиливать поле одного из постоянных магнитов и ослаблять поле другого магнита. Равновесие мембраны при этом нарушится. При одном направлении тока она прогнется в одну сторону, а при другом — в другую (на рис. 192,*в* показано пунктиром). Изгиб мембраны будет тем значительнее, чем больше ток, протекающий через катушки. Если через катушки пропускать ток звуковой частоты,

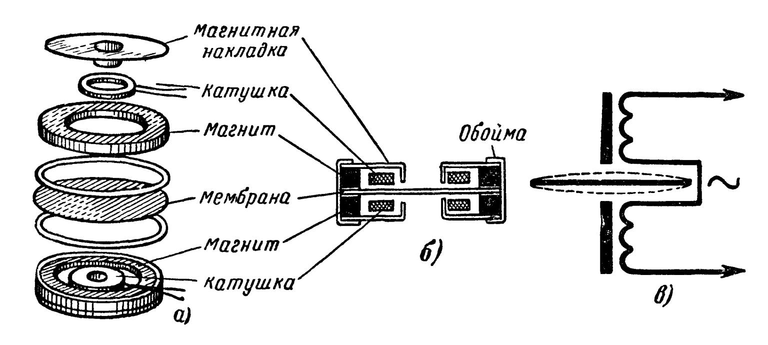


Рис. 192. Капсюль ДЭМШ-1.

а — детали; *б* — разрез; *в* — схема.

мембрана, изгибаясь из стороны в сторону, станет вибрировать с этой же частотой, преобразуя ток в звук. И если мембрану скрепить с диффузором, телефонный капсюль превратится в маломощный громкоговоритель.

Как это сделать? Об этом рассказывает рис. 193. Изучи его как следует и только тогда принимайся за дело.

К центру мембраны капсюля ДЭМШ-1 припаяна игла — кусок медной проволоки толщиной 0,5—1 и длиной 12—15 *мм*. С иглой скреплена вершина бумажного диффузора. Колебания мембраны через иглу передаются диффузору, который колеблет воздух, возбуждая в нем более сильные звуковые волны, чем маленькая мембрана капсюля. Эти детали — главные, остальные: диффузородержатель и его кольцевидный ободок — вспомогательные.

Заготовку диффузора вместе в лепестками, выполняющими роль гофра, вырежь из «мягкой» тетрадной обложки. Диаметр этой заготовки (без лепестков) может быть в пределах от 35—40 до 55—60 *мм*. Ширина лепестков 4—5 *мм* и длина 6—8 *мм*. В заготовке вырежь сектор с углом около 20°. Склей края кромок сектора и хорошенько просуши диффузор.

Заготовку диффузородержателя, имеющую крестообразную форму с опорной шайбой в середине, вырежь из жести или листа тонкого алюминия. Внутренний диаметр опорной шайбы диффузородержателя 12 *мм*, наружный — 20 *мм*. Ширина полосок крестовины 4—5 *мм*, длина — около 40 *мм*.

Ободок диффузородержателя можно выпилить из фибры, текстолита, органического стекла или в крайнем случае из хорошо проклеенной фанеры толщиной 2—2,5 *мм*. Внутренний диаметр ободка должен быть на 5—6 *мм* меньше диаметра заготовленного диффузора; ширина ободка 3—4 *мм*.

Положи заготовку диффузородержателя на стол и, придерживая опорную шайбу, отогни полоски немного вверх. Положи на полоски ободок, а на них — диффузор лепестками вниз. Посмотри, не касается ли диффузор полосок держателя, а его вершина — стола. Учти толщину ободка. Лепестки диффузора будут приклеиваться к нему не сверху, а снизу. Если изгиб диффузородержателя удачный, обожми концы его полосок вокруг тела ободка (рис. 193, *в*). Прикрепи к диффузородержателю планочку из любого изоляционного материала с жестяными контактными лепестками, к которым позже припаяешь выводы катушки капсюля. Диффузор пока не приклеивай к ободку, а лишь проколи в его вершине отверстие по толщине подобранной медной проволоки для иглы.

Крепление проволочной иглы к мембране — самый ответственный момент. Диффузор и его держатель можно переделать, если они окажутся неудачными, а из-за малейшей небрежности при креплении иглы можно загубить капсюль.

Выстрогай или подбери круглую палочку такого диаметра, чтобы она плотно вошла в отверстие капсюля и всей поверхностью торца прилегла к мембране. Наметь карандашом центр мембраны. Затем шилом проколи мембрану в этом месте, придерживая ее с противоположной стороны палочкой (рис. 193,*а*). Вставь в отверстие залуженный конец проволочной иглы и припаяй его к мембране (рис. 193, *б*).

Все это делай очень осторожно, чтобы не вытянуть, не помять и не изогнуть мембрану. Стержень паяльника придется запилить, иначе он не пройдет в отверстие капсюля.

Теперь клеем БФ-2 приклей к корпусу капсюля опорную шайбу диффузородержателя. Когда клей хорошо засохнет (примерно через сутки), насади на иглу диффузор, отцентрируй его, изогни лепестки наподобие гофра и приклей концы их к ободу диффузородержателя. Диффузор должен свободно качаться, не задевая за обод. Вершину его скрепи с иглой капелькой клея БФ-2.

Остается припаять выводы катушки к контактным лепесткам на диффузородержателе, и громкоговоритель готов.

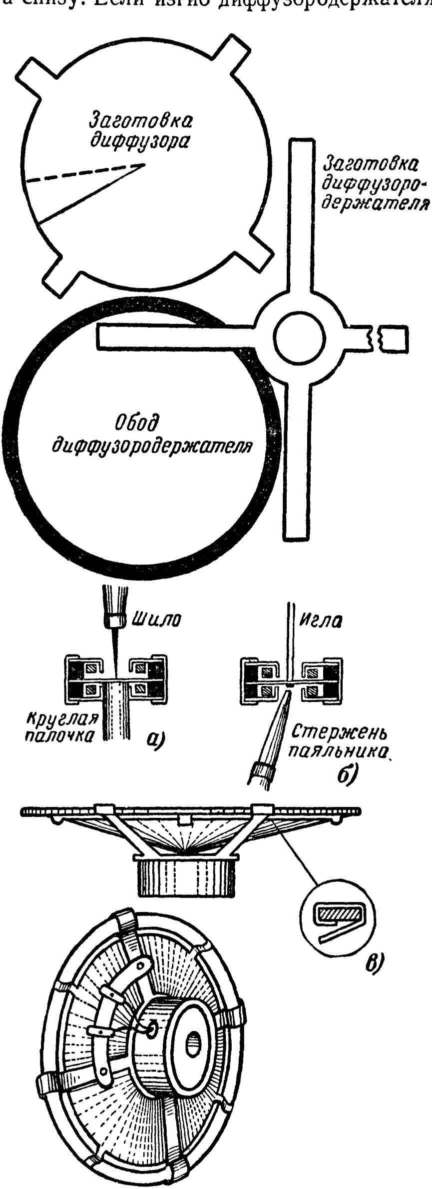


Рис. 193. Самодельный громкоговоритель.

Предварительно проверить работу громкоговорителя можно с помощью батарейки для карманного фонаря, подключая ее к выводам катушки. При одной полярности подключения батарейки диффузор должен слегка отклоняться в сторону капсюля, при другой — от него. Одновременно должны быть слышны щелчки.

Катушки капсюля ДЭМШ-1 обладают сопротивлением больше 100 *ом*, поэтому громкоговоритель, сделанный на базе этого капсюля, включают в коллекторную цепь транзистора без согласующего трансформатора.

Таким же способом можно сделать громкоговоритель на базе ушного малогабаритного телефона от слухового аппарата «Кристалл», удалив горловину, которой он вставляется в раковину уха. Сопротивление такого телефона около 140 *ом*. Его, как и капсюль ДЭМШ-1, включают непосредственно в коллекторную цепь транзистора.

Неплохой громкоговоритель может получиться и из телефона типа ТОН-1. В этом случае придется только удалить с гильз катушек тонкий провод и намотать на них до заполнения провод ПЭВ 0,1—0,12, чтобы уменьшить сопротивление телефона до 80—120 *ом*. Но такой «громкоговоритель» будет более громоздким, чем громкоговоритель из капсюля ДЭМШ-1 или телефона «Кристалл».

Ну что ж, пора заканчивать беседу.

O

БЕСЕДА ДВЕНАДЦАТАЯ

Усилитель низкой частоты

Усилитель колебаний низкой (звуковой) частоты является составной частью каждого современного радиоприемника, радиолы, любого телевизора или магнитофона, аппаратуры телеуправления, многих измерительных приборов. Усилитель лежит в основе электронной автоматики и вычислительной техники, кибернетических устройств.

Но в этой беседе я буду говорить о немногом: об элементах и работе транзисторных и ламповых усилителей и применении их в очень узкой области радиотехники — для усиления колебаний низкой частоты.

С точки зрения конструктивного выполнения транзисторные усилители низкой частоты проще ламповых. Они к тому же требуют для своего питания источники тока низкого напряжения. Поэтому, полагаю, лучше начать с изучения и конструирования именно транзисторного усилителя.

Схема включения и режимы работы транзистора

Транзистор является трехэлектродным прибором. Его электроды — эмиттер, база и коллектор. Для использования транзистора в качестве усилителя напряжения, тока или мощности входной сигнал, который надо усилить, можно подавать на два любых электрода и с двух электродов снимать усиленный сигнал. При этом один из электродов обязательно будет общим. Он-то и определяет название распространенных схем включения транзистора: с общим эмиттером, с общим коллектором, с общей базой.

Включение транзистора по схеме общего эмиттера показано на рис. 194. Здесь входной сигнал подается к выводам базы и эмиттера, а усиленный сигнал снимается с выводов эмиттера и коллектора. Эмиттер, следовательно, при таком включении транзистора является общим для входной и выходной цепей.

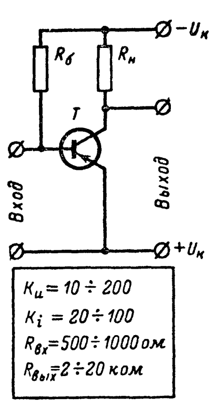


Рис. 194. Включение транзистора по схеме общего эмиттера.

Помнишь схемы и рисунки, которыми в шестой беседе я иллюстрировал работу транзистора как усилителя? А как ты включал транзистор, когда заставлял его работать в режимах усиления и переключения? Да, да, транзистор включался по схеме общего эмиттера. И это не случайно: транзистор, включенный таким способом, может дать 10—200-кратное усиление сигнала по напряжению ($K_u = 10 \div 200$) и 20—100-кратное усиление сигнала по току, что зависит от его коэффициента $B_{ст}$ ($K_i = B_{ст} = 20 \div 100$). Благодаря таким усилительным свойствам способ включения транзистора по схеме общего эмиттера пользуется у радиолюбителей наибольшей популярностью.

Наиболее существенный недостаток каскада на транзисторе, включенном по такой схеме, малое входное сопротивление — всего 500—1 000 *ом*, что усложняет согласование усилительных каскадов, собираемых по такой схеме. Объяс-

няется это тем, что в данном случае эмиттерный переход включен в прямом, т. е. пропускном направлении. А сопротивление пропускного перехода всегда мало и зависит от прикладываемого к нему напряжения. Что же касается выходного сопротивления каскада, то оно достаточно большое ($R_{вых} = 2 \div 20$ *ком*) и зависит от сопротивления нагрузки ($R_н$) и усилительных свойств транзистора.

Включение транзистора по схеме с общим коллектором ты видишь на рис. 195. Входной сигнал подается на базу и эмиттер через эмиттерный резистор $R_э$, который является частью коллекторной цепи. С этого же резистора, являющегося одновременно и нагрузкой коллекторной цепи, снимается и выходной сигнал. Таким образом, этот участок коллекторной цепи является общим для входной и выходной цепей, поэтому и название способа включения транзистора — с общим коллектором.

Транзистор, включенный по такой схеме, по напряжению дает усиление меньше единицы ($K_u < 1$). Усиление по току получается на единицу больше коэффициента $B_{ст}$ ($K_i = B_{ст} + 1$), т. е. примерно такое же, как если бы транзистор был включен по схеме общего эмиттера. Но зато входное сопротивление такого каскада большое ($R_{вх} = 10 \div 500$ *ком*), что хорошо согласуется с большим выходным сопротивлением каскада на транзисторе, включенном по схеме с общим эмиттером.

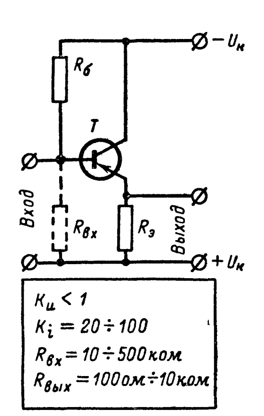


Рис. 195. Включение транзистора по схеме общего коллектора.

По существу, каскад совсем не дает усиления по напряжению, а лишь как бы повторяет подведенный к нему сигнал. Поэтому транзисторы, включаемые по такой схеме, называют также **эмиттерными повторителями**. Почему эмиттерными? Потому что выходное напряжение на эмиттере транзистора практически полностью повторяет входное напряжение.

Почему каскад не усиливает напряжение? Давай соединим базу транзистора с нижним (по схеме) выводом эмиттерного резистора $R_э$, как показано на рис. 195 пунктиром. Этот резистор — эквивалент внутреннего сопротивления источника входного сигнала $R_{вх}$, например микрофона или звукоснимателя. Таким образом, эмиттерная цепь оказывается связанной через резистор $R_{вх}$ с базой. Когда на вход усилителя подается напряжение сигнала, на резисторе $R_э$, являющемся нагрузкой транзистора, выделяется напряжение усиленного сигнала, которое через резистор $R_{вх}$ оказывается приложенным к базе в противофазе. Между эмиттерной цепью образуется очень сильная **отрицательная обратная связь**, сводящая на нет усиление каскада. Это по напряжению. А по току усиление получается такое же, как и при включении транзистора по схеме общего эмиттера.

Теперь о включении транзистора по схеме с общей базой (рис. 196). Здесь база через конденсатор $C_б$ заземлена по переменному току, т. е. соединена с общим плюсом питания. Входной сигнал подают на эмиттер и базу, а усиленный сигнал снимают с коллектора и заземленной базы. База, таким образом, является общим электродом входной и выходной цепей каскада. Такой каскад дает усиление по току меньше единицы ($K_i < 1$), а по напряжению такое же, как транзистор, включенный по схеме общего эмиттера ($K_u = 10 \div 200$). Из-за очень малого входного сопротивления, не превышающего нескольких десятков ом ($R_{вх} = 30 \div 100$ *ом*), такое включение транзистора используют главным образом в генераторах электрических колебаний, в сверхрегенеративных каскадах, применяемых, например, в аппаратуре радиоуправления моделями, о чем у нас будет разговор в одной из последних бесед.

Итак, основной способ включения транзистора, которым ты будешь пользоваться для усиления сигнала, включение его по схеме общего эмиттера. Но это только способ включения. А режим работы транзистора как усилителя опреде-

ляется напряжениями на его электродах и токами в цепях, при которых он не искажает усиливаемый сигнал.

В шестой беседе уже говорилось о том, что для нормальной работы транзистора на базу, кроме входного сигнала, подают еще отрицательное напряжение смещения, которое открывает транзистор. Наиболее простой способ подачи напряжения смещения — это соединение базы транзистора с минусом коллекторной батареи через резистор. Такую роль в усилителях по схемам на рис. 194, 195 и 196 выполняют резисторы $R_б$.

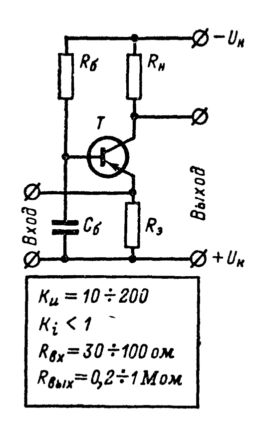


Рис. 196. Включение транзистора по схеме общей базы.

Чтобы открыть маломощный транзистор, на его базу относительно эмиттера достаточно подать всего около 0,1 *в*. Нетрудно подсчитать, что такое напряжение (по закону Ома) может создать в эмиттерном переходе, сопротивление которого примем за 1 000 *ом*, ток около 100 *мка* (0,0001 *а*). При этом в зависимости от коэффициента $B_{ст}$ транзистора в его коллекторной цепи ток может достигать 1—2 *ма*. Примерно в такой режим работы и ставят обычно маломощный транзистор, чтобы он при усилении не искажал сигнал. Дальнейшее увеличение напряжения смещения, а значит, и тока коллектора не имеет смысла, так как от этого усиление сигнала не возрастет, а лишь увеличится расход энергии на питание транзистора. А если напряжение смещения на базе окажется слишком большим? Транзистор тоже будет искажать сигнал и, кроме того, станет нагреваться из-за большого коллекторного тока. Только в выходных каскадах, от которых требуется усиление мощности, увеличивают токи транзисторов.

На рис. 197 показана основная схема усилительного каскада. Она тебе уже знакома — это повторение уже разобранной ранее схемы (рис. 194). Но здесь возле резистора $R_б$ поставлена звездочка, в коллекторной цепи появился косой крест, а возле него указан рекомендуемый ток покоя этой цепи. Запомни: **ток покоя — это значение коллекторного тока, пока на базу транзистора еще не подан сигнал.** Такой режим называют также статическим. Рекомендуемый ток покоя устанавливают при налаживании усилителя подбором сопротивления резистора $R_б$, что и символизирует его звездочка. Когда на вход каскада будет подан сигнал, коллекторный ток станет увеличиваться и тем больше, чем больше напряжение входного сигнала. Это будет динамический режим работы транзистора.

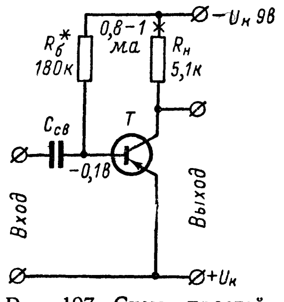


Рис. 197. Схема простейшего усилителя.

Ориентировочно сопротивление базового резистора можно подсчитать по такой формуле:

$$R_б = U_к / I_{б.п}.$$

Допустим, что ток покоя базовой цепи $I_{б.п} =$ = 50 *мка* (0,00005 *а*), а напряжение батареи питания $U_к = 9$ *в*. Сопротивление резистора $R_б$, следовательно (по закону Ома), должно быть

$$R_б = 9/0{,}00005 = 180 \text{ ком}.$$

Это, повторяем, ориентировочное сопротивление базового резистора. Во время подгонки заданного режима оно может быть значительно изменено.

Какое должно быть сопротивление нагрузочного резистора $R_н$? Такое, чтобы в режиме покоя между коллектором и эмиттером было напряжение, равное при-

мерно половине напряжения источника питания. В этом случае эффективность работы транзистора будет наилучшей. Такому условию отвечают резисторы сопротивлением в несколько килоом, обычно 3—5,1 *ком*.

Однокаскадный усилитель низкой частоты, собранной по схеме на рис. 197, можно приспособить к детекторному приемнику, что ты уже делал еще во время шестой беседы. Его можно использовать для воспроизведения грамзаписи, если к входным зажимам подключить звукосниматель, а в коллекторную цепь вместо нагрузочного резистора $R_н$ включить головные телефоны электромагнитного типа Телефоны будут звучать довольно-таки громко.

Усилитель, собранный дома при комнатной температуре будет работать громче, чем на улице, где он окажется под горячими лучами летнего солнца или зимои на морозе. Почему так получается? Потому что, к сожалению, с повышением температуры режим транзистора нарушается. А первопричина тому — неуправляемый обратный ток коллектора $I_{к0}$.

Стабилизация режима работы транзистора

Установлено, что с повышением температуры транзистора на 10° С обратный ток коллектора увеличивается вдвое. Это явление можно заметить, если во время проверки транзистора положить на него палец у транзистора, нагретого до температуры нашего тела, ток $I_{к0}$ может увеличиться раза в 3—4. Этот возрастающий с температурой неуправляемый ток, складываясь с полезным током коллекторной цепи, дополнительно нагревает коллекторный переход, что в свою очередь еще больше увеличивает коллекторный ток. Возрастание тока коллектора неизбежно ведет к увеличению падения напряжения на коллекторной нагрузке,

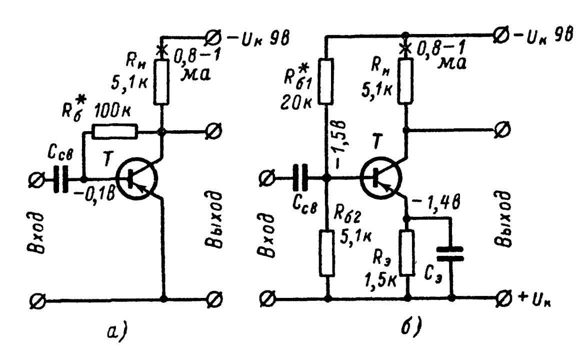


Рис. 198. Усилительные каскады с термостабилизацией режима транзисторов.

отчего уменьшается напряжение между коллектором и эмиттером, и, кроме того, к изменению параметров транзистора и в первую очередь уменьшению коэффициента $B_{ст}$. Короче говоря, с повышением температуры транзистор становится все менее управляемым прибором, что резко снижает его усилительные свойства.

Предупредить это явление можно путем стабилизации теплового режима транзистора. Один из способов такой термостабилизации показан на схеме рис. 198, *а*. Здесь, как видишь, базовый резистор $R_б$ подключен не к минусовому проводнику батареи питания, как это было в схеме на рис 197, а к коллектору транзистора. Что это дает? С повышением температуры возрастающий коллекторный ток увеличивает падение напряжения на нагрузке $R_н$ и уменьшает напряжение на коллекторе. А так как база соединена (через резистор $R_б$) с коллектором, на ней тоже уменьшается отрицательное напряжение смещения, что в свою очередь уменьшает ток коллектора. Получается обратная связь между

выходной и входной цепями транзистора — увеличивающийся коллекторный ток уменьшает напряжение на базе, что автоматически уменьшает коллекторный ток. Происходит стабилизация заданного режима транзистора.

Но во время работы транзистора между его коллектором и базой возникает отрицательная обратная по переменному току, что снижает общее усиление каскада. Таким образом, стабильность режима транзистора достигается ценой проигрыша в усилении. Жаль, но приходится идти на эти потери, чтобы сохранить нормальную работу усилителя.

Есть, однако, еще способ стабилизации режима транзистора с несколько меньшими потерями в усилении, но достигается это усложнением каскада. Схема такого усилителя показана на рис. 198, *б*. Статический режим транзистора по постоянному току и напряжению остается тот же: ток коллекторной цепи равен 0,8—1 *ма*, отрицательное напряжение смещения на базе относительно эмиттера равно 0,1 *в* (1,5—1,4 = 0,1 *в*). Но устанавливается он с помощью двух дополнительных резисторов: $R_{б2}$ и $R_э$. Резисторы $R_{б1}$ и $R_{б2}$ образуют делитель, с помощью которого на базе поддерживается устойчивое напряжение смещения. Эмиттерный резистор $R_э$ является элементом термостабилизации.

Термостабилизация происходит следующим образом. По мере возрастания коллекторного тока под действием тепла падение напряжения на резисторе $R_э$ увеличивается. При этом разность напряжений между базой и эмиттером уменьшается, что автоматически снижает коллекторный ток. Получается такая же обратная связь, только теперь между эмиттером и базой, благодаря которой происходит стабилизация режима транзистора.

Прикрой бумагой или пальцем конденсатор $C_э$, подключенный параллельно резистору $R_э$ и, следовательно, шунтирующий его. Что теперь напоминает тебе эта схема? Каскад с транзистором, включенным по схеме общего коллектора (эмиттерный повторитель). Значит, при работе транзистора, когда на резисторе $R_э$ происходит падение напряжения и переменной составляющей, между эмиттером и базой возникает 100 %-ная обратная связь по постоянному напряжению, при которой усиление каскада меньше единицы. Но так может случиться лишь тогда, если не будет конденсатора $C_э$. Этот конденсатор создает параллельный путь, по которому, минуя резистор $R_э$, идет переменная составляющая коллекторного тока, пульсирующего с частотой усиливаемого сигнала, и отрицательная обратная связь не возникает. Емкость этого конденсатора должна быть такой, чтобы не оказывать сколько-нибудь заметного сопротивления самым низшим частотам сигнала. В каскаде усиления низкой частоты этому требованию может отвечать электролитический конденсатор емкостью в 10—20 *мкф*.

Усилитель с такой системой стабилизации режима транзистора практически нечувствителен к колебаниям температуры и, кроме того, что не менее важно, к смене транзисторов.

Во всех ли случаях именно так следует стабилизировать режим работы транзистора? Нет, конечно. Ведь все зависит от того, для какой цели предназначается усилитель. Если усилитель будет работать только в домашних условиях, где перепад температур незначительный, жесткая термостабилизация не обязательна. В таких случаях усилитель можно строить по схемам на рис. 197 или 198, *а*. А если ты собираешься строить приемник, который бы устойчиво работал дома, на улице в зимние морозные и жаркие летние периоды года, то, конечно, надо как следует стабилизировать режим его транзисторов, даже если приемник придется усложнять дополнительными деталями.

Теперь поговорим о ламповом усилителе.

Элементы лампового усилителя

Для электронной лампы, выполняющей роль усилителя, как и для транзистора, важнейшим условием для работы без искажения сигнала является смещение. Для этого на ее управляющую сетку, кроме сигнала, который надо усилить, подают некоторое постоянное о т р и ц а т е л ь н о е н а п р я ж е н и е отно-

сительно катода. Напряжение смещения улучшает условия работы лампы, предупреждает появление сеточных токов, что может вызвать искажение сигнала. Сущность этого режима лампы заключается в том, что ее рабочую точку смещают вниз по характеристике лампы.

Взгляни на тот рисунок, где показана анодно-сеточная характеристика триода (рис. 119). Если рабочая точка лампы находится на пересечении прямолинейного участка характеристики с вертикальной осью координат (точка *в* на рис. 119), т. е. если на сетку лампы подается только напряжение электрического сигнала, то при положительном напряжении на сетке в ее цепи появляется ток — ток сетки. При отрицательном же напряжении сигнала этого тока нет. В некоторых случаях, например, когда лампа работает в режиме сеточного детектирования, сеточный ток — явление нормальное, но для работы лампы как усилителя вреден.

Чтобы избежать этого явления, на сетку подают отрицательное напряжение, смещающее рабочую точку лампы вниз по прямолинейному участку характеристики. Это напряжение подбирают так, чтобы рабочая точка оказалась в середине левой части прямолинейного участка характеристики. Для характеристики, показанной на рис. 119, эта точка будет соответствовать постоянному отрицательному напряжению, равному минус 4 *в* (на характеристике отмечено крестиком). В этом случае общее напряжение на сетке под действием переменного напряжения сигнала, поступающего в цепь сетки, будет изменяться относительно напряжения минус 4 *в*. Так, например, если к сетке подводить переменное напряжение с амплитудой 2 *в*, отрицательное напряжение на ней будет изменяться от 6 до 2 *в*. Анодный ток при этом будет изменяться от 3 до 6,3 *ма*, а сеточного тока совсем не будет.

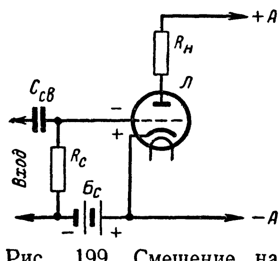


Рис. 199. Смещение на управляющую сетку от батареи.

Сделаем оговорку. В так называемом двухтактном усилителе, в котором работают две лампы, рабочую точку лампы можно смещать в самый низ характеристики. В таком усилителе лампы могут работать и при сеточных токах.

Напряжение смещения для всех маломощных транзисторов одинаково и равно примерно 0,1—0,2 *в*. Для электронных же ламп оно определяется свойствами каждой конкретной лампы и указывается в паспортах ламп и справочных таблицах (см. приложение 4). Так, например, для лампы 6П1П при напряжении на ее аноде и экранирующей сетке 250 *в* на ее управляющую сетку должно подаваться смещение минус 12,5 *в*, а на сетку лампы 6Ж3П при том же напряжении на аноде и напряжении на экранирующей сетке 150 *в* — минус 1,7 *в*.

На рис. 199 показан самый простой способ подачи напряжения смещения на сетку. В цепь управляющей сетки лампы последовательно с сеточным резистором $R_с$ включена батарея $Б_с$ так, что ее положительный полюс соединен с катодом лампы, а отрицательный — с управляющей сеткой. При таком включении батареи сетка будет иметь относительно ее катода постоянное отрицательное напряжение, равное напряжению батареи $Б_с$. Батарея $Б_с$ — батарея смещения, а напряжение, которое она создает на сетке относительно катода, — напряжение смещения.

На практике применяют способ смещения, не требующий специальной батареи. Это так называемое автоматическое смещение.

Схема усилителя с таким смещением показана на рис. 200. Здесь между минусом источника питания (батареи или выпрямителя — безразлично) анодной цепи и катодом лампы включен резистор $R_к$. Управляющая сетка лампы соединена через ее резистор $R_с$ с нижним концом катодного резистора $R_к$. Через резистор $R_к$ течет катодный ток лампы и на нем получается падение напряжения, действующего в этой цепи. При этом на верхнем конце резистора, а значит, и на катоде получается положительный потенциал относительно его конца, соединенного с минусом источника анодного напряжения. Так как сетка соединена не с ка-

тодом, а с концом резистора $R_к$, противоположным катоду, она получает отрицательное напряжение относительно катода.

Резистор, с помощью которого создают на сетке лампы постоянный отрицательный потенциал, называют резистором автоматического смещения.

Сопротивление резистора $R_к$, необходимое для получения требуемого напряжения смещения $U_с$, для конкретной лампы можно рассчитать по формуле

$$R_к = \frac{U_с}{I_к},$$

где $I_к$ — катодный ток лампы, равный току анода или сумме токов анода и экранирующей сетки пентода или лучевого тетрода.

Приведем пример расчета. Предположим, что на управляющую сетку лучевого тетрода 6П1П надо подать напряжение смещения $U_с = 12{,}5$ *в*. Анодный ток этой лампы составляет 44 *ма* (0,044 *а*), а ток экранирующей сетки — 12 *ма* (0,012 *а*). В этом случае сопротивление резистора смещения должно быть:

$$R_к = \frac{12{,}5}{0{,}045+0{,}012} = 210 \text{ ом}.$$

Заодно давай подсчитаем мощность тока, рассеиваемую на этом резисторе:

$$P = UI = 12{,}5 \text{ в} \cdot 0{,}057 \text{ а} \approx 0{,}8 \text{ вт}.$$

Значит, этот резистор должен быть рассчитан на мощность рассеивания не менее 1 *вт*. Иначе он может сгореть.

Чтобы измерить напряжение автоматического смещения, вольтметр присоединяют параллельно катодному резистору таким образом, чтобы его зажим, отмеченный знаком «+», был подключен к катоду лампы. Если при этом вольтметр показывает 12,5*в*, значит, на сетке лампы напряжение минус 12,5 *в*.

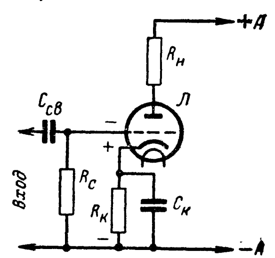


Рис. 200. Схема усилителя с автоматическим смещением на управляющей сетке.

Какова роль конденсатора $C_к$? Та же, что роль аналогичного конденсатора, шунтирующего эмиттерный резистор транзистора. Когда лампа усиливает переменное напряжение сигнала, во всей ее анодной цепи появляется переменная составляющая усиливаемых колебаний. В результате на катодном резисторе, как и на анодной нагрузке, возникает переменное напряжение. И если в цепи катода будет только резистор, то создающееся на нем переменное напряжение вместе с постоянным напряжением смещения будет автоматически подаваться на управляющую сетку лампы. Образуется отрицательная обратная связь, ослабляющая усиление. Конденсатор же, шунтирующий резистор автоматического смещения, свободно пропускает через себя переменную составляющую анодного тока и тем самым устраняет отрицательную обратную связь. В этом случае через катодный резистор идет только постоянная составляющая анодного тока, благодаря чему на управляющей сетке действует только постоянное начальное отрицательное напряжение смещения.

Емкость этого конденсатора должна быть достаточно большой, чтобы конденсатор не представлял сколько-нибудь существенного сопротивления токам самых низших частот, усиливаемых лампой. Для усилителя низкой частоты его емкость должна быть не менее 10 *мкф*. Здесь, как и в транзисторных усилителях, применяют электролитические конденсаторы.

Каскады усилителя

В усилителях, содержащих несколько каскадов, различают каскады предварительного усиления и выходные, или оконечные, каскады. Выходным является последний каскад усилителя, работающий на теле-

фоны или громкоговоритель, а предварительными — все находящиеся перед ним каскады

Задача одного или нескольких каскадов предварительного усиления заключается в том, чтобы увеличить напряжение низкой частоты до величины, необходимой для работы транзистора или лампы выходного каскада. От транзистора или лампы выходного каскада требуется повышение мощности колебаний звуковой частоты до величины, необходимой для работы громкоговорителя.

Для выходных каскадов наиболее простых транзисторных усилителей низкой частоты радиолюбители используют такие же маломощные транзисторы, что и в каскадах предварительного усиления, хотя наша промышленность выпускает для этой цели мощные транзисторы. Объясняется это желанием делать наиболее экономичные усилители, что особенно важно для переносных конструкций с питанием от батарей. Выходная мощность таких усилителей небольшая — от нескольких десятков до нескольких сотен милливатт, но ее бывает достаточно для работы телефонов или маломощных громкоговорителей. В тех же случаях, когда вопрос экономии энергии источников питания не имеет столь существенного значения, например при питании усилителей от электроосветительной сети, в выходных каскадах используют мощные транзисторы.

В выходных каскадах ламповых усилителей используют главным образом предназначенные для этой цели выходные пентоды и лучевые тетроды. Если у ламп каскадов предварительного усиления анодный ток обычно не превышает нескольких миллиампер, а иногда и долей миллиампера, то у выходных ламп он достигает нескольких десятков или даже сотен миллиампер. Чем больше анодное напряжение и анодный ток лампы выходного каскада, тем мощнее может быть подключаемый к нему громкоговоритель. Лучевой тетрод 6П3С, например, развивает мощность около 5 *вт*. От такой лампы может работать один 5-ваттный или несколько менее мощных громкоговорителей.

Но чтобы выходная лампа отдала громкоговорителю большую мощность, на ее управляющую сетку нужно подать достаточно большое напряжение низкой частоты. Бессмысленно, например, подводить к управляющей сетке такой мощной лампы, как 6П3С, напряжение от детекторного приемника. Хотя анодный ток этой лампы будет большим, но его низкочастотная составляющая будет слишком малой. Чтобы лампа 6П3С отдала большую мощность и заставила громкоговоритель громко звучать, на ее управляющую сетку нужно подать напряжение низкой частоты с амплитудой до 12—14 *в*. Детекторный же приемник развивает на своем «выходе» лишь доли вольта. Лампа 6П3С будет нормально работать от детекторного приемника только в том случае, если действующее на его выходе напряжение звуковой частоты будет предварительно усилено одним или двумя каскадами.

Отметим, что в выходных каскадах усилителей простых приемников радиолюбители иногда используют лампы, предназначенные для предварительного усиления. Они могут развить энергию, достаточную для работы электромагнитного или маломощного динамического громкоговорителя.

Разберем работу двухкаскадного усилителя.

Схему простого транзисторного двухкаскадного усилителя низкой частоты ты видишь на рис. 201. Рассмотри ее внимательно. В первом каскаде этого усилителя работает транзистор T_1, во втором — транзистор T_2. Первый его каскад — каскад предварительного усиления, второй — выходной, а между ними — разделительный конденсатор C_2. Принцип работы любого из каскадов этого усилителя одинаков и аналогичен знакомому тебе принципу работы однокаскадного усилителя. Разница только в деталях: нагрузкой транзистора T_1 первого каскада служит резистор R_2, а нагрузкой транзистора T_2 выходного каскада — громкоговоритель; смещение на базу транзистора первого каскада подается через резистор R_1, соединенный с коллектором (как в схеме на рис. 198, *а*), а на базу транзистора второго каскада — через резистор R_3, соединенный с минусом питания усилителя (как в схеме на рис. 197). Оба каскада питаются от одной батареи *Б*. Режим работы транзисторов устанавливают подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_3, что обозначено на схеме звездочками.

Сущность работы усилителя в целом заключается в следующем. Электрический сигнал, поданный на вход первого каскада и усиленный его транзистором T_1, с нагрузочного резистора R_2 через разделительный конденсатор C_2 поступает на вход второго каскада. Здесь он усиливается транзистором T_2 и громкоговорителем, включенным в коллекторную цепь транзистора, и преобразуется в звук.

Какова роль конденсатора C_1 на входе усилителя? Он выполняет две задачи: свободно пропускает к транзистору переменное напряжение сигнала и предупреждает замыкание базы на эмиттер через источник сигнала. Представь себе, что этого конденсатора во входной цепи нет, а источником электрического сигнала служит электродинамический микрофон с малым внутренним сопротивлением. Что получится? Через малое сопротивление микрофона база транзистора окажется соединенной с эмиттером. Транзистор закроется, так как будет работать без начального напряжения смещения. Он будет открываться только при отрицательных полупериодах напряжения сигнала. А положительные полупериоды, еще больше закрывающие транзистор, будут им «срезаны». И вот результат: транзистор искажает усиливаемый сигнал.

Понятно теперь, зачем нужен конденсатор во входной цепи усилителя? Такие же конденсаторы были и в однокаскадных усилителях (см. $C_{св}$ в схемах на рис. 197—200).

Конденсатор C_2 связывает каскады усилителя по переменному току. Он должен хорошо пропускать переменную составляющую усиливаемого сигнала и задерживать постоянную составляющую коллекторной цепи транзистора первого каскада. Если вместе с переменной составляющей он будет проводить и постоянный ток, режим работы транзистора выходного каскада нарушится и звук станет искаженным.

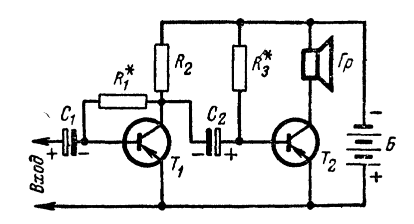


Рис. 201. Схема двухкаскадного усилителя на транзисторах.

Конденсаторы, выполняющие такие функции, называют конденсаторами связи, переходными или разделительными.

Входные и переходные конденсаторы должны хорошо пропускать всю полосу звуковых частот. В ламповых усилителях низкой частоты емкость таких конденсаторов не превышает обычно 0,01—0,025 *мкф*, в транзисторных же усилителях они должны иметь емкости не менее 5 *мкф*. Объясняется это малым входным сопротивлением транзисторов по сравнению с электронными лампами.

Конденсатор связи оказывает переменному току емкостное сопротивление, которое будет тем меньшим, чем больше его емкость. Если оно окажется больше входного сопротивления транзистора, на нем будет падать бóльшая часть напряжения переменного тока, чем на входном сопротивлении транзистора, отчего будет проигрыш в усилении. Емкостное сопротивление конденсатора связи должно быть по крайней мере в 3—5 раз меньше входного сопротивления транзистора. Поэтому-то для связи между транзисторными каскадами и ставят конденсаторы больших емкостей. Здесь используют обычно малогабаритные электролитические конденсаторы с соблюдением полярности их включения: отрицательной обкладкой — к коллектору предыдущего каскада, положительной — к базе последующего каскада.

Во входных цепях транзисторных усилителей также используют электролитические конденсаторы, но включают их отрицательной обкладкой к базе.

Таковы наиболее характерные особенности элементов двухкаскадного транзисторного усилителя низкой частоты.

Упрощенная схема лампового двухкаскадного усилителя низкой частоты показана на рис. 202. Упрощенной называем потому, что на ней нет цепей нитей накала ламп, источников питания и некоторых других элементов, которые будут в практических схемах.

Левая часть схемы тебе уже знакома. А правая? Она аналогична левой. Отрицательное напряжение смещения на управляющей сетке лампы $Л_1$ первого каскада усилителя получается благодаря падению напряжения на катодном резисторе R_2. Конденсатор C_2, шунтируя резистор смещения R_2, создает на катодном участке цепи путь для переменной составляющей анодного тока лампы. Высокое положительное напряжение на анод этой лампы подается через нагрузочный резистор R_3.

Второй каскад усилителя отличается от первого только тем, что в анодную цепь его лампы включен громкоговоритель.

Источником входного сигнала может быть звукосниматель, микрофон, детекторный приемник. В результате работы лампы первого каскада на ее анодной нагрузке R_3 выделяются усиленные колебания низкой частоты, которые через конденсатор связи C_3 поступают на вход второго каскада. Эти колебания дополнительно усиливаются лампой $Л_2$, а громкоговоритель — нагрузка этой лампы — преобразует их в звуковые колебания.

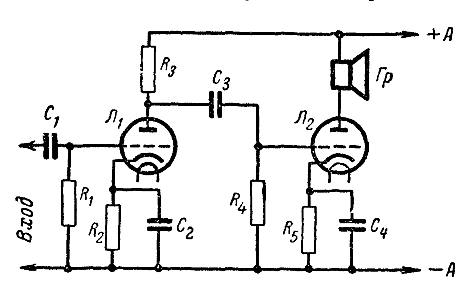


Рис. 202. Упрощенная схема двухкаскадного усилителя низкой частоты на электронных лампах.

Функции конденсаторов C_1 и C_3 здесь такие же, как и функции аналогичных им конденсаторов транзисторного усилителя. Но здесь роль конденсатора связи C_3 более ответственна. Этот конденсатор должен быть абсолютным непроводником постоянного тока. Если же он будет хотя бы немного проводить постоянный ток, то на сетку лампы $Л_2$ одновременно с усиливаемыми колебаниями низкой частоты попадет и высокое положительное напряжение из анодной цепи предыдущей лампы. От этого анодный и сеточный токи лампы второго каскада резко увеличатся, появятся большие искажения звука. Поэтому качество конденсатора связи должно быть очень хорошим.

Сопротивление анодного нагрузочного резистора R_3 определяется свойствами используемой лампы. Для лампы 6Ж8, например, его сопротивление должно быть около 500 *ком*, а его мощность рассеяния 0,25—0,5 *вт*. Сопротивление сеточных резисторов R_1 и R_4, называемых также резисторами у т е ч е к с е т о к, может быть от 100 *ком* до нескольких мегом.

Вот, собственно, и все то основное, что можно сказать о работе транзисторного и лампового усилителей и их особенностях.

Переходим к практическим схемам усилителей.

Простой транзисторный УНЧ

Твоим первым усилителем низкой частоты был опытный однокаскадный усилитель. Теперь предлагаю тебе двухкаскадный усилитель.

Принципиальная схема этого усилителя, которую ты видишь на рис. 203, является по существу повторением схемы на рис. 201. Только на ней указаны данные деталей и введены три дополнительных элемента: R_1, C_3 и $Вк_1$. Резистор R_1 — нагрузка источника колебаний низкой частоты (детекторного приемника или звукоснимателя); C_3 — конденсатор, блокирующий громкоговоритель по наивысшим звуковым частотам; $Вк_1$ — выключатель питания.

Как в первом, так и во втором каскаде могут работать транзисторы типов МП39—МП42 с коэффициентом усиления $B_{ст}$, равным 20 ÷ 30 и больше. В каскад предварительного усиления надо поставить тот транзистор, который имеет более высокое значение $B_{ст}$. Громкоговоритель $Гр_1$ — самодельный электромагнитный с капсюлем ДЭМ-4 или абонентский с согласующим трансформатором. Вместо

громкоговорителя в коллекторную цепь выходного транзистора можно также включить головной телефон. Для питания усилителя потребуется всего одна батарейка для карманного фонарика — КБС-Л-0,50.

Усилитель, собранный по этой схеме, несравненно проще и экономичнее лампового усилителя. Но он уступает ламповому и по усилению, и по выходной мощности. В связи с этим практическое использование его в таком виде весьма ограничено. Зато такой или подобный ему усилитель незаменим в походных приемниках, где сетевой усилитель вообще не годится.

Этот усилитель надо оценивать как первую пробу сил, как освоение транзисторной техники.

Я предлагаю тебе собрать его не в ящике, а на макетной панели в виде развернутой схемы, чтобы всесторонне изучить его и научиться налаживать его. Заодно ты испробуешь на нем самодельный громкоговоритель. А макетная панель, которую ты сейчас сделаешь, и детали усилителя тебе еще потребуются.

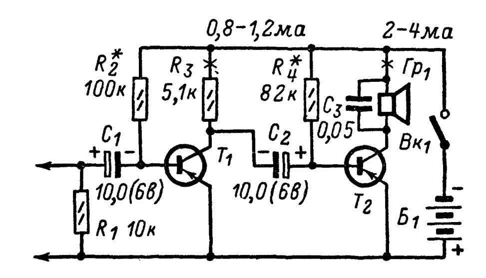


Рис. 203. Принципиальная схема двухкаскадного усилителя низкой частоты.

Устройство макетной панели (рис. 204) несложно. Основу панели выпили из листового гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 *мм*, а в крайнем случае из фанеры. Ее примерные размеры: высота 120, ширина 250 *мм*. На ней с помощью заклепок или мелких болтиков укрепи ровными рядами три-четыре десятка контактных лепестков, вырезанных из латуни или жести. Но перед этим залуди их, чтобы к ним легко припаивались детали. Расстояние между ними должно быть 15—20 *мм*. Верхний и нижний ряды соедини голым монтажным проводом. Это будут проводники отрицательного (верхний) и положительного полюсов источ-

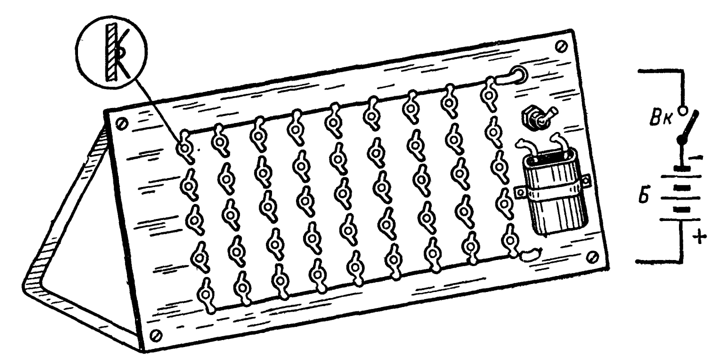


Рис. 204. Макетная панель для транзисторных конструкций.

ника тока. А батарею и выключатель (тумблер) смонтируй справа, как на принципиальной схеме. Сзади к панели прикрепи стойки из полосок металла так, чтобы панель устойчиво стояла в наклонном положении.

В дальнейшем, когда займешься транзисторными приемниками, в верхней свободной части панели будешь крепить магнитную антенну, а слева — конденсатор настройки и кое-какие другие детали. Но об этом немного позже. Сейчас же смонтируй на панели только первый каскад усилителя, как показано на рис. 205. Выводы транзистора осторожно разведи и припаяй к контактным лепесткам.

От базы вверх, к минусовому проводнику, пойдет резистор смещения R_2, влево — электролитический конденсатор C_1, а от положительной обкладки этого конденсатора к плюсовому проводнику — входной резистор R_1. В коллекторную цепь транзистора (вместо резистора R_3) включи электромагнитный телефон. Если ко входу усилителя подключить звукосниматель и проигрывать грампластинку или соединить вход усилителя с выходными гнездами детекторного приемника, настроив его, разумеется, на радиостанцию, в телефоне будет слышен довольно громкий звук.

А теперь начинай экспериментировать. Прежде всего попробуй изменять режим работы транзистора, добиваясь наибольшей громкости. Для этого резистор смещения R_2 составь из двух резисторов — постоянного сопротивлением 47—68 *ком* и переменного 250—470 *ком* (рис. 206). Переменным резистором ты будешь изменять общее сопротивление этой цепочки резисторов, регулируя тем самым режим работы транзистора. Постоянный резистор нужен для того, чтобы избежать попадания на базу транзистора полного отрицательного напряжения батареи, отчего транзистор может испортиться. Изменяя сопротивление

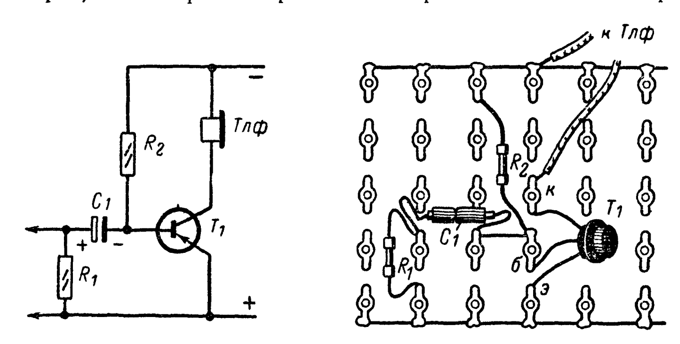


Рис. 205. Первый каскад усилителя, смонтированный на макетной панели.

переменного резистора, подбери такое сопротивление этой цепочки, когда громкость наибольшая и увеличение или уменьшение ее сопротивления не сказывалось на нарастании громкости. Затем выключи питание усилителя, отпаяй один из концов цепочки и замерь омметром ее сопротивление. Именно резистор такого или близкого к нему номинала и должен быть включен между отрицательным проводником питания усилителя и базой транзистора.

Попробуй проделать то же самое, подключив верхний конец резистора смещения к коллектору (так, как на схеме рис. 198, *а*). Сравни результаты. Подключи параллельно телефону конденсатор емкостью 3—5 тыс. *пф* (на рис. 206 он показан штриховыми линиями). Не исключено, что качество звука от этого несколько улучшится.

Испытай в этом усилителе другие имеющиеся у тебя низкочастотные маломощные транзисторы, подбирая для каждого из них наилучший режим работы, а результаты записывай.

Когда закончишь эксперименты с этим каскадом, добавь к нему второй — выходной — каскад. В цепь коллектора первого транзистора включи нагрузочный резистор R_3, а в цепь коллектора второго транзистора — телефон или громкоговоритель. Словом, смонтируй усилитель по схеме на рис. 203. И снова начни эксперименты

Проверив, все ли правильно смонтировано, включи питание. Теперь усилитель должен работать громче. Но, возможно, когда будут подобраны наивыгоднейшие напряжения смещения, он станет работать еще лучше.

Сначала займись вторым каскадом Резистор R_4 замени постоянным сопротивлением 10—15 *ком* и переменным 20—100 *ком*, включив их последовательно.

Подобрав наивыгоднейшее сопротивление этой цепочки резисторов, замени ее одним резистором такого же сопротивления. Затем наладь первый каскад, повторив все то, что ты делал с ним, когда усилитель был однокаскадным. Здесь, кроме того, можно в небольших пределах изменять сопротивление нагрузочного резистора R_3, что, возможно, повысит эффективность работы усилителя.

Способом наладки усилителя «на слух» радиолюбители, особенно начинающие, пользуются очень часто. Но он, откровенно говоря, нетехничен. Правильнее пользоваться измерительными приборами. В данном случае — миллиамперметром на ток 3—5 *ма*. Включи его в разрыв коллекторной цепи транзистора первого каскада (на рис. 203 обозначено косым крестом) и, изменяя сопротивление базового резистора R_2, добейся, чтобы прибор показывал ток в пределах 0,8—1,2 *ма*. Попробуй уменьшать сопротивление этого резистора. Коллекторный ток увеличится, а качество звука может ухудшиться — нарушится нормальный режим работы транзистора.

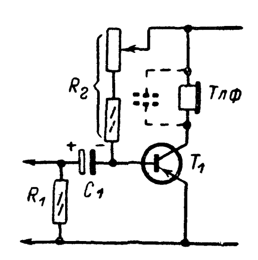


Рис. 206. Подгонка режима транзистора с помощью переменного резистора.

Точно так же установи указанный на схеме коллекторный ток транзистора выходного каскада. Во время работы усилителя ток в этой цепи будет увеличиваться с нарастанием уровня сигнала на входе усилителя.

Добившись наилучшего результата, испробуй работу усилителя на разные громкоговорители, подключая к его входу разные источники колебаний звуковой частоты — детекторный приемник, звукосниматель, микрофон или абонентский громкоговоритель (с согласующим трансформатором), используя его в качестве микрофона. Это позволит тебе оценить возможности простейшего двухкаскадного транзисторного усилителя низкой частоты.

И все же мы советуем смонтировать такой усилитель — возможно, он пригодится тебе, например, для телефонной связи с живущим неподалеку приятелем. Его, кроме того, в будущем ты можешь превратить в звуковой генератор. Но об этом позже.

Рис. 207. Монтажная плата двухкаскадного усилителя низкой частоты.

Монтажная схема такого усилителя показана на рис. 207. Плату выпили из листового гетинакса или текстолита толщиной 1,5—2 *мм*. Размеры указаны на рисунке примерные и зависят от габаритов имеющихся у тебя деталей. Например, на схеме усилителя (рис. 203) мощность резисторов обозначена 0,12 *вт*, емкости электролитических конденсаторов — по 10 *мкф* на рабочее напряжение 6 *в*. Но это не значит, что именно такие детали надо ставить в усилитель. Мощность резисторов может быть больше, и типы резисторов могут быть любыми. Вместо электролитических конденсаторов типа ЭМ, которые ты видишь на монтажной плате (рис. 207), можно ставить конденсаторы типов К50-3, К50-6, к тому же на бо́льшие рабочие напряжения, чем указанные на схеме. В зависимости от имеющихся у тебя деталей может измениться и монтажная схема усилителя.

О самом монтаже уже говорилось в девятой беседе. Если забыл, загляни в нее еще раз.

Если усилитель предварительно будет налажен на макетной панели, то после того, как ты перенесешь детали на монтажную плату, тебе не придется налаживать его повторно.

Радиограммофон

В этой части беседы я продолжаю рассказ об усилителе низкой частоты, но уже предназначенном для конкретной цели — для воспроизведения грамзаписи. Главное в таком радиограммофоне будет, конечно, усилитель, причем более мощный, чем тот, который ты уже построил. Усилитель радиограммофона может быть как транзисторным, так и ламповым. А вот какой из них строить, этот вопрос сам решай.

Транзисторный вариант. Принципиальная схема транзисторного усилителя радиограммофона показана на рис. 208. Выходная мощность усилителя около 150 *мвт* (0,15 *вт*). Питать усилитель можно от батареи напряжением 9—12 *в*, составленной из двух-трех батарей КБС-Л-0,50, или от электросети через выпрямитель, о котором я рассказывал тебе в десятой беседе (стр. 165—166). Средний ток, потребляемый усилителем от источника питания, не превышает 30—40 *ма*.

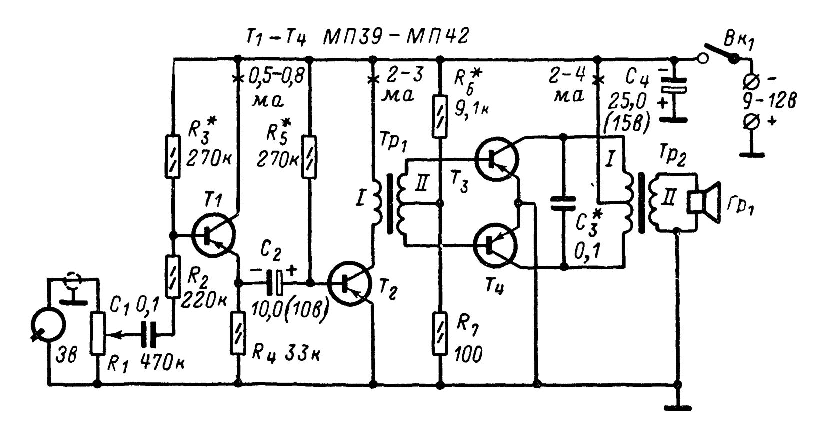


Рис. 208. Принципиальная схема усилителя низкой частоты с двухтактным выходным каскадом.

Разберемся, что в этом усилителе тебе уже знакомо, а что еще нет. Начнем со входа. Напряжение низкой частоты от пьезоэлектрического звукоснимателя поступает на переменный резистор R_1, а с его движка через конденсатор C_1 и резистор R_2 — на базу транзистора первого каскада усилителя. Переменный резистор R_1 выполняет роль регулятора громкости: при перемещении движка вверх (по схеме) на базу транзистора подается все большее напряжение сигнала — громкость увеличивается. Когда же его движок находится в крайнем нижнем положении, базовая цепь по переменному току оказывается замкнутой на общий плюс источника питания усилителя и сигнал от звукоснимателя на транзистор не поступает — звука нет. Резистор R_2 — вспомогательный элемент. Он устраняет характерное для пьезоэлектрического звукоснимателя «шипение». Но в принципе этого корректирующего резистора может и не быть во входной цепи.

Пьезоэлектрический звукосниматель требует, чтобы усилитель имел высокоомный вход. Поэтому транзистор T_1 первого каскада включен по схеме общего коллектора. Смещение на его базу подается через резистор R_3. Напряжение сигнала с нагрузочного резистора R_4 этого каскада через конденсатор C_2 поступает на базу транзистора T_2, включенного по схеме общего эмиттера.

Эта часть усилителя тебе уже знакома, так как она в основном является повторением простого двухкаскадного усилителя. Разница только в способе включения первого транзистора. А вот с третьим, выходным, каскадом, работаю-

щим как **двухтактный усилитель** мощности, ты еще не знаком. Разберемся в работе этого каскада по его упрощенной схеме на рис. 209.

В этом каскаде два транзистора (T_3 и T_4), каждый из которых включен по схеме общего эмиттера. Их эмиттеры «заземлены» — соединены с плюсом источника питания $U_к$. Питание коллекторных цепей транзисторов осуществляется через первичную *I* обмотку выходного трансформатора $Тр_2$: транзистора T_3 — через секцию $I_а$, транзистора T_4 — через секцию $I_б$. Каждый транзистор и относящаяся к нему секция первичной обмотки выходного трансформатора представляют обычный, уже знакомый тебе «однотактный» усилитель. В этом нетрудно убедиться, если прикрыть листком бумаги одно из таких плеч каскада. Вместе же они образуют двухтактный усилитель.

Сущность работы двухтактного усилителя заключается в следующем. Колебания низкой частоты (рис. 209, *а*) с предоконечного каскада (в нашем случае — с каскада на транзисторе T_2) подаются на базы обоих транзисторов так, что напряжения на них изменяются в любой момент времени в противоположных направлениях, т. е. в противофазе. При этом транзисторы работают поочередно, на два такта за каждый период подводимого к ним напряжения. Когда, например, на базе транзистора T_3 отрицательная полуволна, он открывается и через обмотку трансформатора идет только коллекторный ток этого транзистора (график на рис. 209, *б*). В это время транзистор T_4 закрыт, так как на его базе положительная полуволна напряжения. В следующий полупериод, наоборот, на базе транзистора T_3 будет положительная, а на базе транзистора T_4 — отрицательная полуволна. Теперь открывается транзистор T_4 и через обмотку трансформатора идет ток его коллектора (график на рис. 209, *в*), а транзистор T_3, закрываясь, «отдыхает». И так при каждом периоде колебаний низкой частоты, подводимых к усилителю. В обмотке трансформатора коллекторные токи обоих транзисторов суммируются (график на рис. 209, *г*), в результате чего на выходе усилителя получаются более мощные электрические колебания звуковой частоты, чем в обычном однотактном усилителе.

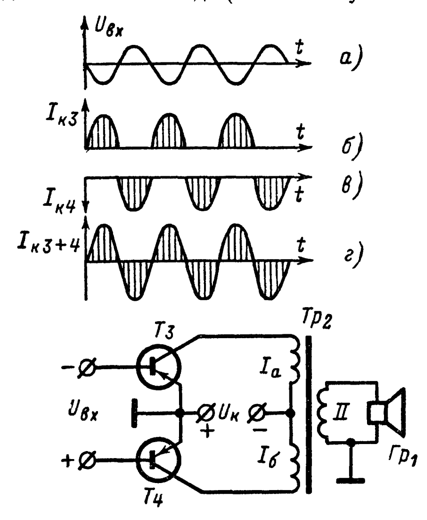


Рис. 209. Двухтактный усилитель и графики, иллюстрирующие его работу.

Двухтактный режим работы выходного каскада обеспечивает предшествующий ему второй каскад усилителя на транзисторе T_2 (см. схему на рис. 208). В его коллекторную цепь включена первичная (*I*) обмотка трансформатора $Тр_2$, вторичная (*II*) обмотка которого, как и первичная обмотка выходного трансформатора, имеет отвод от середины. Через этот отвод и секции вторичной обмотки на базы транзисторов T_3 и T_4 подается с делителя R_6R_7 напряжение смещения. В состоянии покоя транзисторы T_3 и T_4 почти закрыты. Когда же на входе предоконечного каскада появляется сигнал, на базы транзисторов выходного каскада подается в противофазе напряжение низкой частоты, индуцируемое во вторичной обмотке трансформатора $Тр_1$. Это и обеспечивает двухтактную работу транзисторам выходного каскада.

Каскад усилителя, с помощью которого на выходные транзисторы подается напряжение в противофазе, т. е. со сдвигом фаз на 180°, называют **фазоинверсным** каскадом. Значит, в нашем усилителе каскад на транзисторе T_2 является фазоинверсным, т. е. фазоповорачивающим каскадом.

Конденсатор C_3, подключенный параллельно первичной обмотке выходного трансформатора, «срезает» наиболее высокие частоты звукового диапазона, предотвращая тем самым самовозбуждение усилителя — явление, проявляющее себя свистом или шумом, напоминающим звук моторной лодки. Изменяя емкость этого конденсатора, можно опытным путем подобрать наиболее приятный тембр звука.

Электролитический конденсатор C_4 шунтирует источник питания по переменному току — пропускает через себя переменную составляющую усиливаемого сигнала, минуя источник питания. Его роль особенно сказывается к концу разряда питающей батареи, когда ее внутреннее сопротивление увеличивается. И если его не будет, то между каскадами через общий источник питания может возникнуть нерегулируемая положительная обратная связь, из-за чего усилитель может самовозбудиться — превратиться в генератор низкой частоты.

Если усилитель питать от выпрямителя, то этот конденсатор не нужен. Его функцию будет выполнять электролитический конденсатор фильтра блока питания.

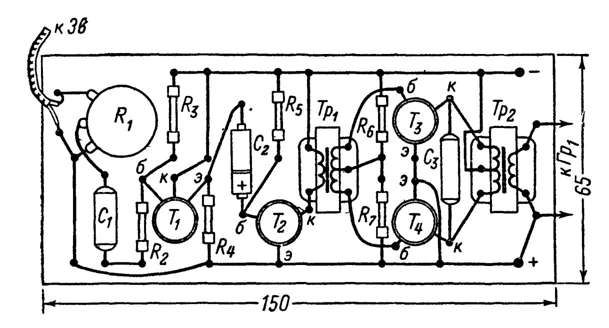


Рис. 210. Монтажная плата усилителя с двухтактным выходным каскадом.

Теперь приступай к конструированию усилителя. Сначала смонтируй его на макетной панели. А когда подгонишь режимы транзисторов и испытаешь усилитель в работе, тогда можно будет перенести детали на постоянную монтажную плату из гетинакса или текстолита.

Монтируя детали усилителя на плате, руководствуйся схемой, показанной на рис. 210. Размеры платы определи по имеющимся деталям. Размечая отверстия для шпилек или пустотелых заклепок, стремись к тому, чтобы соединительные проводники были возможно короткими. Проводники входной цепи должны быть возможно дальше от проводников и деталей выходной цепи. Иначе между ними через магнитные поля может возникнуть «паразитная связь» и усилитель самовозбудится. Звукосниматель подключай ко входу усилителя экранированным проводом — проводом с гибкой металлической оболочкой. Экран этого провода можно использовать в качестве «заземленного» соединительного проводника. Трансформаторы, углубленные катушками в отверстиях в плате, приклеивай к плате клеем БФ-2.

Данные резисторов и конденсаторов и типы транзисторов указаны на принципиальной схеме усилителя. Сопротивления резисторов R_7 и R_8 обозначены в омах (не перепутай с килоомами).

Очень важно, чтобы транзисторы выходного каскада были с одинаковыми или возможно близкими параметрами по коэффициенту усиления $B_{ст}$ и обратным токам коллекторов $I_{к0}$. Желательно, чтобы коэффициент $B_{ст}$ транзистора T_2 был не менее 30—40, а транзисторов T_3 и T_4 — не менее 20—25. Коэффициент усиления транзистора T_1 значения не имеет, так как этот транзистор работает в режиме эмиттерного повторителя.

Громкоговоритель $Гр_1$ — любой электродинамический громкоговоритель мощностью 0,25—1 *вт* со звуковой катушкой сопротивлением 4—6 *ом*. Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ могут быть готовыми или самодельными. Из готовых подойдут трансформаторы, предназначенные для переносных транзисторных приемников с двухтактным выходным каскадом, например для приемников «Селга», «Сокол». Аналогичные трансформаторы есть в наборах деталей для изготовления транзисторных приемников, где их сокращенно именуют: ТС — трансформатор согласующий (в нашем усилителе — $Тр_1$) и ТВ — трансформатор выходной (в нашем усилителе — $Тр_2$).

Для самодельных трансформаторов нужны сердечники из трансформаторной стали площадью сечения керна 0,6—0,8 *см*², например из пластин Ш8; толщина наборов 0,8—1 *см*. Первичная обмотка согласующего трансформатора ($Тр_1$) содержит 2 200 витков провода ПЭВ 0,1—0,12, вторичная — 520 витков такого же провода с отводом от середины (260 + 260 витков). Первичная обмотка выходного трансформатора ($Тр_2$) может иметь 800 витков провода ПЭВ 0,1—0,2 с отводом от середины (400 + 400 витков), а вторичная — 100 витков ПЭВ 0,25—0,3. Когда трансформаторы будут готовы, проверь их обмотки омметром — нет ли обрывов или соединений между обмотками.

Прежде чем подключить звукосниматель ко входу усилителя, проверь с помощью миллиамперметра токи покоя коллекторных цепей транзисторов. И если они значительно отличаются от токов, указанных на принципиальной схеме, подгоняй их подбором сопротивлений в базовых цепях. Как это делать, ты уже знаешь по простому двухкаскадному усилителю.

Проверить работу усилителя можно с помощью генератора звуковой частоты, генератора-пробника, о которых говорится в четырнадцатой беседе, или заменяющей их радиотрансляционной сети. Подключая эти источники сигналов низкой частоты ко входам каждого из каскадов усилителя, начиная с выходного каскада, можно судить о качестве работы транзисторов, их режимах и общем усилении всеми каскадами. Наибольшая громкость будет, когда источник сигнала подключен ко входу первого каскада усилителя.

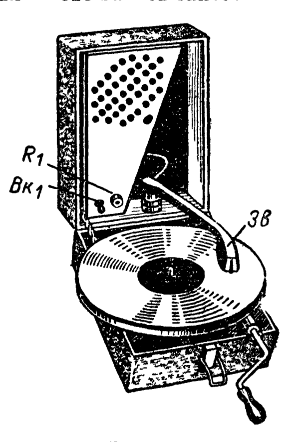


Рис. 211. Радиограммофон с автономным питанием.

Как использовать этот усилитель для радиограммофона? Сейчас патефон с пружинным двигателем отжил свой век. Ему на смену пришли электропроигрыватели, радиолы. Но этому заслуженному работяге можно продлить жизнь, если встроить в него усилитель низкой частоты с громкоговорителем, а механическую мембрану, предназначавшуюся для воспроизведения грамзаписи, заменить звукоснимателем с тонармом. В нем можно разместить и батарею — получится радиограммофон с автономным питанием.

Такой радиограммофон показан на рис. 211. Монтажная плата и громкоговоритель укреплены на акустической доске, встроенной в крышку патефона. В доске против диффузора громкоговорителя просверлены отверстия для свободного прохождения звуковых волн. Здесь же, на крышке, укреплена и стойка тонарма звукоснимателя. Батарея питания (три батареи КБС-Л-0,50, соединенные последовательно) размещена внутри ящика под панелью с двигателем. От нее идут провода к усилителю.

Вот и вся конструкция этого радиограммофона. Включай питание — и проигрывай грампластинки.

Ламповый вариант. Но радиограммофон может быть на электронных лампах с питанием от сети переменного тока.

Принципиальная схема усилителя такого радиограммофона показана на рис. 212. В каскаде предварительного усиления работает пентод 6Ж8, а в выходном

каскаде — лучевой тетрод 6П6С. Колебания низкой частоты от звукоснимателя поступают на переменный резистор R_1, а с него — в цепь управляющей сетки первой лампы. Усиленные колебания с анодной нагрузки R_3 этой лампы подаются через разделительный конденсатор C_4 к лампе второго каскада. Громкоговоритель $Гр_1$, включенный через выходной трансформатор $Тр_2$ в анодную цепь этой лампы, преобразует мощные колебания низкой частоты в звук.

Выпрямитель усилителя однополупериодный на кенотроне 6Ц5С ($Л_3$). Но выпрямитель блока питания можно собрать по любой из знакомых тебе (по десятой беседе) схем, в том числе по схеме двухполупериодного выпрямления переменного тока на кенотроне или плоскостных полупроводниковых диодах. Важно лишь, чтобы этот блок давал 220—240 *в* выпрямленного напряжения для питания цепей анодов и экранирующих сеток радиоламп и 6,3 *в* переменного напряжения для накала ламп. При таком анодном напряжении выходной каскад развивает мощность тока звуковой частоты около 3 *вт*.

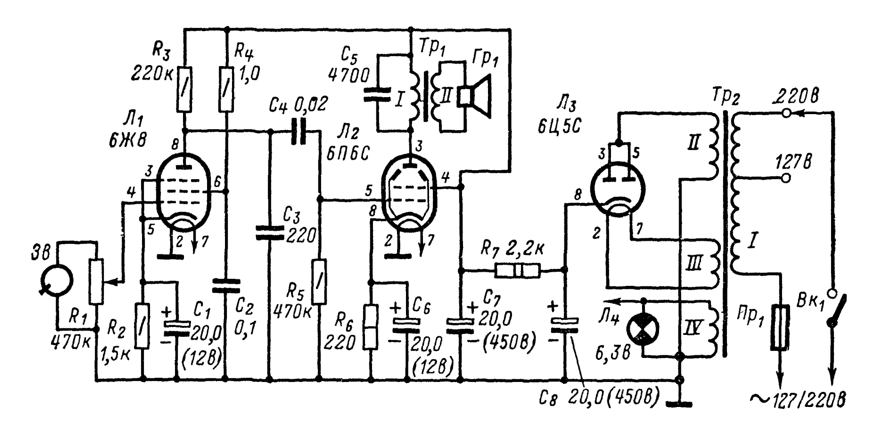


Рис. 212. Принципиальная схема усилителя низкой частоты.

Назначение многих других деталей усилителя тебе знакомо. Так, например, тебе понятно, что резисторы R_2 и R_6 и шунтирующие их конденсаторы C_1 и C_6 служат для автоматической подачи на сетки ламп отрицательных напряжений смещения через соответствующие им резисторы R_1 и R_5. Переменный резистор R_1 в данном случае является одновременно регулятором громкости: по мере перемещения движка вверх (по схеме) громкость возрастает, а если перемещать его вниз, громкость будет падать. Поскольку в первом каскаде используется пентод, надо, значит, подать на его экранирующую сетку постоянное напряжение, но более низкое, чем на анод. Эту задачу выполняет резистор R_4. Конденсатор C_2 отводит на катод лампы (через C_2) колебания низкой частоты, создающиеся в цепи экранирующей сетки, минуя общую цепь выпрямителя. Резистор R_7 (на его месте может стоять дроссель низкой частоты) и электролитические конденсаторы C_7 и C_8 образуют сглаживающий фильтр выпрямителя.

Новое для тебя — конденсатор C_3 и способ начертания цепей нитей накала ламп. Задача конденсатора C_3 — блокировать анодную цепь лампы первого каскада по наивысшим звуковым частотам, т. е. отводить на общий минус колебания этих частот. Если его не будет, усилитель может возбудиться — появится неприятный свист. Этот конденсатор по существу выполняет ту же роль, что и конденсатор C_5, шунтирующий первичную обмотку выходного трансформатора.

Ты можешь возразить: как это так — вывод конденсатора C_5, противоположный аноду, соединен не с общим минусом, как конденсатор C_2, а с положительным проводником выпрямителя. Правильно. Но это сути дела не меняет:

путь для наивысших звуковых частот анодной цепи выходной лампы открыт через конденсатор C_7 фильтра выпрямителя.

Что же касается приема начертания цепей накала ламп, то так делают исключительно для упрощения схемы. Ведь один из выводов обмотки накала ламп в большинстве случаев соединяют с общим минусом выпрямителя, проводником которого может быть металлическое шасси. А поскольку с этим проводником должен соединяться один из штырьков нити накала (в нашей схеме — штырьки *2*), мы можем это соединение обозначить условным знаком, символизирующим шасси. Так сделано и в нашей схеме. Понятно, что второй вывод обмотки накала ламп должен соединяться со штырьками *7* нитей накала ламп. Если все эти соединения показывать линиями, зрительное восприятие схемы усложнится. Поэтому для упрощения чтения схемы эти соединения условно обозначают стрелками. И впредь при начертании схем ламповых конструкций будем делать именно так.

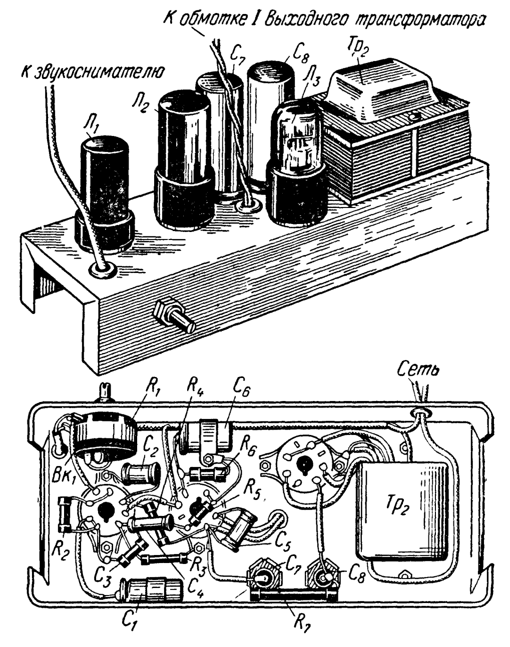


Рис. 213. Общий вид и монтаж усилителя.

А теперь — за дело.

Шасси сделай из листа стали или дюралюминия толщиной 1—1,5 *мм* по предварительно вырезанной из картона выкройке. Углы загни, чтобы увеличить жесткость конструкции. В передней стенке шасси, кроме отверстия для переменного резистора, просверли еще два-три отверстия для крепления усилителя к горизонтальной панели ящика, на которой разместятся остальные части радиограммофона. Примерные размеры шасси: длина 200, ширина 80 и высота 40 *мм*.

Самая громоздкая деталь усилителя — трансформатор питания. Он-то и определяет ширину шасси. Можно применить готовый трансформатор, например, от приемника «Рекорд-53М», или сделать его самому, используя сердечник сечением 7—8 *см*^{2}.

В радиограммофоне можно использовать громкоговоритель мощностью 1—2 *вт*, желательно с эллиптическим диффузором (например, 1ГД-4, 1ГД-18), он займет меньше места.

Выходной трансформатор $Тр_1$ должен быть рассчитан на лампу 6П6С, например, от приемника «Рекорд-53М» или «Москвич-В», «Москвич-3». Крепится он около громкоговорителя или на его корпусе. Переменный резистор R_1 должен быть с выключателем, который используется для включения первичной обмотки трансформатора питания в сеть.

Детали на шасси располагай примерно так, как показано на рис. 213. Металл шасси используй как общий проводник накальных, анодных и экранных цепей ламп усилителя; с ним соедини повышающую обмотку и обмотку накала ламп.

Для осуществления контактов с шасси, крепя детали, подложи под гайки некоторых болтов жестяные лепестки. К ним будешь припаивать выводы конденсаторов, резисторов и проводники, которые должны соединяться с общим минусом выпрямителя. Звукосниматель соединяй с усилителем экранированным проводом, а его металлическую оболочку соедини с шасси.

Радиограммофон в готовом виде мы показываем на рис. 214. Усилитель прикреплен болтиками к горизонтальной деревянной панели снизу; наружу выходят ручка переменного резистора с выключателем питания и сетевой провод. Неподалеку от ручки этого резистора виден «глазок» сигнальной лампочки $Л_4$. Над лампами усилителя в панели просверлено несколько вентиляционных отверстий. С другой стороны панели находятся звукосниматель и выключатель электродвигателя. Под звукоснимателем укреплен громкоговоритель магнитной головкой вниз. На рисунке видны только сквозные пропилы, через которые проходят звуковые волны.

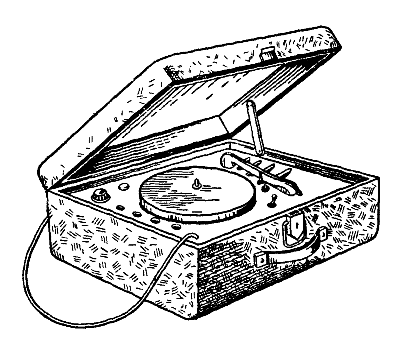


Рис. 214. Общий вид радиограммофона с питанием от сети.

Вентиляционные отверстия и отверстие громкоговорителя снизу затянуты тонкой материей, чтобы через них внутрь конструкции не попадала пыль.

Размеры чемодана радиограммофона зависят от габаритов усилителя, электродвигателя и громкоговорителя. Поэтому надо сначала приобрести электродвигатель, звукосниматель и громкоговоритель, смонтировать и наладить усилитель, а затем с учетом их размеров выпилить панель. От размеров панели и укрепленных на ней деталей будут зависеть внутренние размеры чемодана.

Рекомендуем приобрести двухскоростной электродвигатель (на 76 и 33,5 оборота в минуту) и универсальный звукосниматель, чтобы можно было проигрывать как обычные, так и долгоиграющие грампластинки.

Крепежные болты электродвигателя должны держаться не непосредственно в отверстиях, просверленных в панели, а в амортизаторах — втулках из эластичной резины, вставленных в эти отверстия, либо на резиновых прокладках. Звукосниматель надо крепить так, чтобы кончик иглы приходился точно в центре диска электродвигателя.

Под звукоснимателем должен быть какой-либо упор с зажимом для тонарма, иначе звукосниматель при переноске радиограммофона может поломаться.

Чемодан и горизонтальную панель лучше всего сделать из фанеры толщиной 10—12 *мм*. Боковые стенки соединяй при помощи шипов на клею. С внутренней стороны в углах приклей трехгранные бобышки, к которым крепится горизонтальная панель.

Рис. 215. Схемы цепей регулирования тембра звука.

Чемодан советую делать так. Склей шестистенный ящик, внутри которого может уместиться весь механизм радиограммофона. Учти высоту звукоснимателя, поставленного на грампластинку. Хорошенько просуши ящик, а затем аккуратно отпили крышку лучковой мелкозубой пилой. Останется только зачистить шкуркой места пропила и навесить крышку — она будет плотно закрывать чемодан.

Внутренние поверхности крышки и горизонтальную панель зачисть шкуркой, протрави морилкой и покрой лаком, а наружные стороны оклей дерматином

или плотной темной материей, предварительно закруглив слегка углы, чтобы они не обивались.

Но, разумеется, прежде чем вмонтировать усилитель в чемоданчик, надо тщательно проверить его, испытать, устранить дефекты и наладить. Этим вопросам я посвящу специальную беседу. Сейчас же ограничимся лишь несколькими практическими советами.

Прежде всего — о лампах. В усилителе лампу 6Ж8 можно заменить лампой 6Ж1П или 6Ж3П, а 6П6С — лампой 6П1П или 6П14П. Для лампы 6П1П сопротивление резистора смещения R_6 должно быть 220 *ом*, для лампы 6П14П — 100 — 120 *ом*.

При использовании в усилителе пальчиковых ламп, а в выпрямителе полупроводниковых плоскостных диодов (вместо кенотрона), конструкция радиограммофона может стать компактнее.

Чтобы не усложнить усилитель, введем в него регулятор тембра, позволяющий плавно изменять «окраску» звука. Подобрать желательный тембр звука можно изменением емкости конденсатора C_3, блокирующего анодную цепь лампы первого каскада. Чем больше емкость этого конденсатора, тем глуше звук. Однако при желании можно ввести дополнительный регулятор, с помощью которого можно по желанию делать звучание громкоговорителя более глухим или более звонким.

На рис. 215 приведены схемы двух вариантов плавной регулировки тембра звука. В обоих вариантах регулятор тембра образуется конденсатором $C_т$ и переменным резистором $R_т$. В варианте на рис. 215, *а* эта цепь включена параллельно анодной цепи лампы каскада предварительного усиления, а в варианте на рис. 215, *б* — параллельно первичной обмотке выходного трансформатора. Она может быть включена также между анодом выходной лампы и минусом анодного напряжения. В обоих случаях результат будет примерно одинаковый: чем меньшее сопротивление резистора $R_т$ включается в цепь, тем больше будут ослабляться высшие звуковые частоты, тем глуше будет звук.

Цепь плавной регулировки тембра звука может быть включена после того, как усилитель будет испытан и налажен.

* * *

Усилители, о которых шел разговор в этой беседе, будут в таком или несколько измененном виде использованы во многих других конструкциях. Поэтому памятуя, что ты их знаешь, я не буду так подробно, как в этой беседе, рассказывать о них.

○

От усилителя к приемнику

Первый шаг от усилителя к приемнику ты уже сделал. Когда? — спросишь ты. В предыдущей беседе. Когда я предложил тебе собрать усилитель. Неважно, каким он был — однокаскадным или двухкаскадным, транзисторным или ламповым, на шасси или на макетной панели. Испытывая усилитель, ты подключал его к детекторному приемнику. Таким образом, ты, сам того не подозревая, превращал усилитель в приемник.

Простейший транзисторный приемник

Вспомни эксперименты с первым каскадом простейшего транзисторного усилителя (см. рис. 205). Если тот детекторный приемник, который ты тогда подключал к усилителю, был с настройкой контура ферритовым стержнем (рис.48), то их общая схема приняла вид, показанный на рис. 216, *а*. Здесь контур L_1C_1, детектор $Д_1$ и конденсатор C_2 — детали знакомого тебе детекторного приемника. Входной резистор R_1 усилителя стал нагрузкой детекторной цепи, а прежняя нагрузка этой цепи — телефоны — нагрузкой транзистора. Телефон зашунтирован конденсатором C_4.

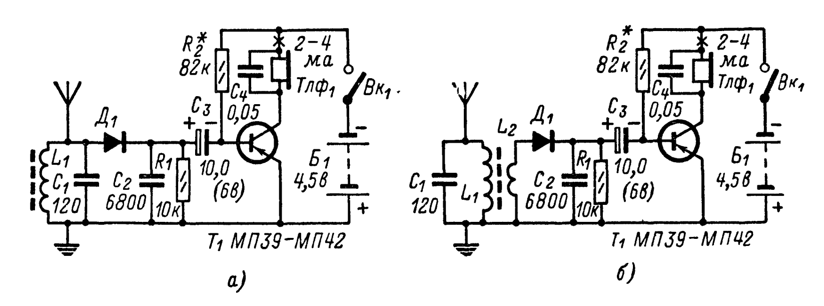


Рис. 216. Схемы детекторного приемника с однокаскадным усилителем низкой частоты.

Если бы детекторный приемник был с настройкой конденсатором переменной емкости (рис. 47) или с фиксированной настройкой, то в схеме на рис. 216 изменилась бы только высокочастотная часть.

Как работает такой приемник? Модулированные колебания высокой частоты, на которую настроен контур L_1C_1, с помощью детектора $Д_1$ преобразуются в колебания низкой частоты. Конденсатор C_2, шунтирующий резистор R_1, выполняет такую же роль, что и в детекторном приемнике — пропускает через себя высокочастотную составляющую сигнала и, таким образом, сглаживает пульсации низкочастотной составляющей. Колебания низкой частоты с резистора R_1 поступают через конденсатор связи C_3 на базу транзистора T_1, усиливаются этим тран-

зистором и телефонами, включенными в коллекторную цепь, преобразуются в звуковые колебания. Через резистор R_2, включенный между минусом батареи питания и базой транзистора, подается напряжение смещения (0,1 — 0,2 *в*), обеспечивающее транзистору необходимый ему режим работы как усилителя низкой частоты. Его сопротивление должно быть таково, чтобы ток покоя коллекторной цепи не превышал 4—6 *ма*.

Приемник, собранный по такой схеме, работать должен и, конечно, работал, но несколько хуже, чем мог бы. Объясняется это невыгодным согласованием большого сопротивления выхода детекторной цепи с малым сопротивлением эмиттерного *p-n*-перехода транзистора, из-за чего бесполезно теряется значительная часть энергии приемника.

Этот недостаток можно было бы частично компенсировать, включив в цепь эмиттера (между эмиттером и плюсом батареи) резистор сопротивлением 15—20 *ом*, чтобы несколько увеличить входное сопротивление усилителя, но хорошего согласования все равно не получится.

Лучше будет, если внести конструктивное изменение во входную часть приемника — намотать поверх контурной катушки или рядом с ней еще одну катушку, но содержащую 15—20 витков.

Схема приемника с такой катушкой показана на рис. 216, *б*. В этом случае напряжение высокочастотного сигнала подается на детектор не с контурной катушки L_1, а с катушки L_2, индуктивно связанной с контурной. Катушка L_2 связывает детекторный контур с антенным контуром приемника, поэтому ее называют **катушкой связи**. Приемник, собранный по такой схеме связи с входным контуром, будет работать лучше.

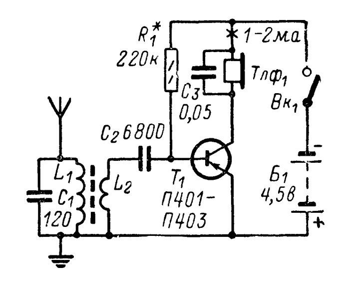


Рис. 217. Однотранзисторный приемник.

Ты можешь спросить: почему высокочастотный трансформатор, понижающий напряжение входного сигнала, улучшает работу приемника? Ты прав: катушка L_1 антенного контура и катушка связи L_2 образуют понижающий трансформатор. И если отношение витков катушки L_1 к числу витков катушка L_2 будет скажем, 20 или 30, значит, и напряжение высокочастотного сигнала на выводах катушки L_2 будет примерно в 20—30 раз меньше, чем на катушке L_1. Дело в том, что сопротивление входного контура токам высокой частоты при настройке его на волну радиостанции достигает нескольких сотен килоом, а входное сопротивление усилителя, транзистор которого включен по схеме общего эмиттера, не превышает 1—2 *ком*. Внутреннее прямое сопротивление диода по сравнению с сопротивлениями контура и входным сопротивлением усилителя мало и им можно пренебречь. Значит, нет согласования. Вот поэтому-то и приходится подводить к усилителю не все напряжение сигнала, создающееся на входном контуре, а только часть его.

А нельзя ли все же увеличить число витков катушки связи, чтобы увеличить напряжение сигнала? Увеличить-то можно, а какой будет результат? С увеличением числа витков может наблюдаться даже ослабление сигнала и, кроме того, будет ухудшаться избирательность приемника. Впрочем, все это ты можешь проверить на практике. Позже, когда пойдет разговор о транзисторных приемниках, я буду рекомендовать катушку связи делать подвижной, чтобы, изменяя расстояние между катушками, ты мог регулировать избирательность.

Схема третьего варианта приемника показана на рис. 217. Здесь нет ни диодного детектора, ни его нагрузочного резистора, а конденсатор C_2, шунтировавший детекторную нагрузку, оказался в базовой цепи транзистора. Получился однотранзисторный приемник. Отрицательное напряжение смещения на базу транзистора подается через резистор R_1. Конденсатор C_2 — разделительный: он хорошо пропускает высокочастотный сигнал от катушки связи L_2 к базе транзистора и отделяет базу от эмиттера по постоянному току.

Такой приемник по своим качествам не уступает предыдущему приемнику (рис. 216, *б*), хотя и проще его. Но транзистор этого приемника должен быть высокочастотным.

Как работает такой приемник? Модулированные колебания высокой частоты, возбужденные в контуре L_1C_1 радиоволнами станции, индуцируют в катушке связи L_2 напряжение принятого сигнала, которое через конденсатор C_2 подается на базу транзистора. Эмиттерный переход транзистора в данном случае работает как диод. Детектируя принятый сигнал, он создает в базовой цепи ток низкой частоты, который управляет током коллектора, — происходит усиление. Таким образом, транзистор этого приемника является одновременно детектором и усилителем низкой частоты. *Транзистор, работающий в таком режиме, называют* транзисторным детектором.

Почему транзистор должен быть высокочастотным? Потому что он должен детектировать сигналы высокой частоты. В диапазоне длинных волн низкочастотный транзистор, к тому же не каждый, еще будет работать, а в диапазоне средних волн он или совсем не будет работать, или будет работать плохо.

Этот приемник тоже советую испытать в работе. А если ты смонтировал один из тех усилителей низкой частоты, которые я рекомендовал в предыдущей беседе, теперь ты можешь превратить его в приемник. Входной колебательный контур может быть как с фиксированной, так и с плавной настройкой — это не имеет значения. Важно лишь, чтобы он был настроен на волну местной радиовещательной станции. У тебя получится вроде эфирной радиоточки, к которой, между прочим, мы еще вернемся в пятнадцатой беседе. А сейчас поговорим о ламповом приемнике.

Простейший ламповый приемник

Если выход детекторного приемника соединить с входом усилителя, в котором работает электронная лампа, то тоже получится простейший приемник, только теперь ламповый. В этом случае колебания низкой частоты детекторной цепи будут усилены лампой и телефоном или громкоговорителем, включенными в анодную цепь лампы, и преобразованы в звуковые колебания.

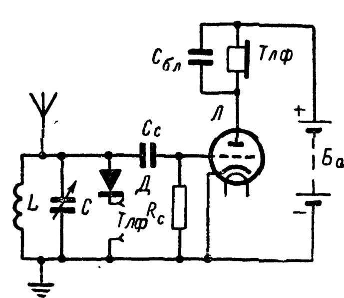


Рис. 218. Схема простейшего однолампового приемника.

Обычно же лампу простейшего приемника ставят в режим сеточного детектирования, когда она детектирует высокочастотный сигнал и усиливает колебания низкой частоты. Физические же процессы, происходящие при этом в лампе, сложнее, чем в транзисторе. Но в них ты должен разобраться.

Схема включения лампы, работающей в режиме сеточного детектирования, показана на рис. 218. Левая часть ее — схема хорошо знакомого тебе детекторного приемника, но без головного телефона и блокирующего его конденсатора. Правая часть ее — одноламповый усилитель без автоматического смещения. Источником питания анодной цепи служит анодная батарея $Б_а$ или заменяющий ее выпрямитель переменного напряжения электросети. Роль анодной нагрузки лампы выполняет телефон, заблокированный конденсатором $C_{бл}$.

Колебательный контур соединен с управляющей сеткой лампы через конденсатор $C_с$, называемый в данном случае сеточным. Резистор $R_с$, тоже сеточный.

Сначала посмотрим, как будет работать лампа, если исключить из цепи сетки резистор $R_с$, как это сделано на рис. 219. Если на управляющую сетку лампы не подается с контура переменное напряжение, в анодной цепи лампы

течет постоянной величины анодный ток $I_а$ (на графиках — участки *Оа*) При первом же положительном полупериоде на управляющей сетке анодный ток лампы увеличится. Но вместе с тем некоторое количество электронов неизбежно будет притянуто положительно заряженной сеткой и осядет на ней. Эти электроны «стечь» с сетки на катод не смогут, так как путь для них прегражден конденсатором $C_с$. Поэтому на сетке, а также на правой обкладке конденсатора $C_с$ появится отрицательный заряд — сетка получит по отношению к катоду отрицательное напряжение.

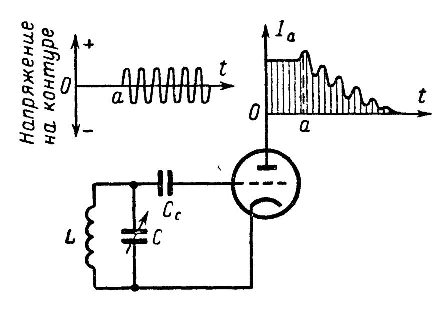
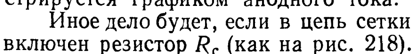


Рис. 219. Если в цепи сетки не будет резистора, сетка зарядится отрицательно и этим «закроет» лампу.

При отрицательном полупериоде переменного напряжения на сетке анодный ток лампы уменьшится. Во время следующих положительных полупериодов на сетке будут оседать новые порции электронов. Вследствие этого отрицательный заряд на сетке будет постепенно увеличиваться, а анодный ток лампы уменьшаться. Наконец, сетка накопит настолько большой отрицательный заряд, что анодный ток упадет до нуля — лампа окажется закрытой. Это явление на рис. 219 иллюстрируется графиком анодного тока.

Иное дело будет, если в цепь сетки



включен резистор $R_с$ (как на рис. 218). Теперь электроны, оседающие на сетке при положительных периодах, будут «стекать» с нее на катод через этот резистор. Если сопротивление резистора $R_с$ достаточно большое, то сетка не будет поспевать полностью разряжаться при отрицательных полупериодах, в результате чего на ней относительно катода получится небольшое отрицательное напряжение смещения.

При модулированных колебаниях смещение все время изменяется, так как изменяется ток в цепи сетки; при увеличении амплитуд колебаний в контуре напряжение и ток сетки возрастают, а анодный ток от этого уменьшается; при уменьшении же амплитуд напряжение и ток сетки уменьшаются, а анодный ток

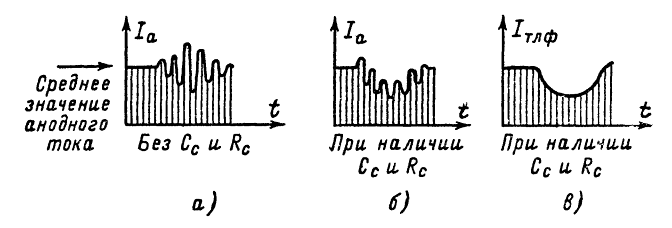


Рис. 220. Графики, поясняющие действие конденсатора и резистора в цепи управляющей сетки.

возрастает. Поскольку амплитуды колебаний в контуре изменяются с частотой модуляции, с такой же частотой изменяются отрицательное напряжение на сетке и анодный ток лампы.

На рис. 220 приведены графики, поясняющие действие конденсатора и резистора в цепи управляющей сетки. График на рис. 220,*а* показывает, что если бы в цепи сетки вообще не было конденсатора $C_с$ и резистора $R_с$, то анодный ток лампы колебался бы около своего среднего значения в такт с изменениями напряжения на сетке. В этом случае лампа работала бы как усилитель высокой частоты. График на рис. 220,*б* показывает, как изменяется анодный ток лампы, когда в цепь

сетки включены конденсатор и резистор. В этом случае колебания анодного тока «уходят вниз» под линию его среднего значения.

Постоянный ток, как тебе известно, создать в телефоне звука не может. Звук в телефоне вызывают только изменения его колебаний с низкой частотой. Пропуская анодный ток лампы через телефон, параллельно которому включен блокировочный конденсатор, мембрана телефона будет реагировать не на каждый высокочастотный импульс анодного тока, а на серию их, образующую большую «впадину» (график на рис. 220,*в*). Каждая такая «впадина» в анодном токе будет восприниматься мембраной телефона как толчок. Мембрана будет колебаться с частотой следования этих «впадин» в анодном токе, т. е. с частотой модуляции тока высокой частоты на радиостанции.

Процесс сеточного детектирования можно объяснить еще следующим образом. Сетка и катод лампы образуют диод, на который с контура подаются модулированные колебания высокой частоты. В цепи диода, в том числе и на его нагрузке, которым является резистор $R_с$, возникает ток одного направления, колеблющийся со звуковой частотой. Лампа усиливает колебания этого тока.

Рис. 221. Принципиальная схема простейшего приемника с питанием от сети.

Условия работы лампы как сеточного детектора определяются емкостью конденсатора и сопротивлением резистора в цепи сетки. Емкость конденсатора может быть в пределах от 100 до 300 *пф*, а сопротивление резистора — от 470 *ком* до 2 *Мом*. Наилучшее сочетание данных этих деталей обычно подбирают опытным путем во время налаживания приемника.

Резистор цепи сетки, именуемый также резистором утечки сетки, может быть включен не только между сеткой и катодом, но и параллельно сеточному конденсатору. В этом случае электроны стекают на катод не кратчайшим путем — через резистор, а более длинным путем — через резистор и контурную катушку. На практике чаще применяют первое включение сеточного резистора.

Взгляни еще раз на график на рис. 220,*б*, иллюстрирующий изменение анодного тока лампы, работающей в режиме сеточного детектора. Этот ток постоянен по направлению, но пульсирует. Он состоит из постоянной, низкочастотной и высокочастотной составляющих. Телефон и блокировочный конденсатор, включенные в анодную цепь, ведут себя по отношению к составляющим анодного тока по-разному. Постоянную составляющую телефон пропускает свободно. Для высокочастотной составляющей индуктивное сопротивление катушек телефона очень велико. Поэтому через телефон высокочастотной составляющей пройти очень трудно, составляющая же низкой частоты проходит через него более свободно. Блокировочный конденсатор не пропускает постоянную составляющую и оказывает очень большое сопротивление низкочастотной составляющей, но через него свободно проходит высокочастотная составляющая. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока идет через блокировочный конденсатор, а постоянная и низкочастотная составляющие — через телефон. В остальной части анодной цепи все составляющие ее тока идут вместе.

Будет ли приемник работать без конденсатора, блокирующего телефон?

Да, будет. В этом случае высокочастотная составляющая будет «просачиваться» через емкости между витками катушек телефона и соединительными проводниками, что ухудшит условия работы приемника.

Практическая схема такого приемника с питанием от сети переменного тока (через выпрямитель, конечно) показана на рис. 221. Там же указаны и электрические данные резисторов и конденсаторов. Колебательный контур

может быть любым, в том числе и с фиксированной настройкой на местную радиостанцию.

В приемнике можешь использовать любую из следующих радиоламп: 6Ж8, 6Ж7, 6К3, 6К7, 6Ж2П или пентодную часть лампы 6Б8С. На схеме указана нумерация выводов лампы 6Ж8. Монтаж панели при использовании этой лампы показан на рис. 222.

Приемник можно питать от любого выпрямителя, дающего постоянное напряжение 200—250 *в* и переменное 6,3 *в*. Например, от того выпрямителя, который я рекомендовал в десятой беседе (рис. 173).

Конструкции самого приемника я не даю, предоставляя тебе самостоятельно решить вопрос, какой она будет. Можно, например, смонтировать лампу на панели детекторного приемника, сделать новый приемник или смонтировать его в виде «летучей» схемы, используя имеющиеся детали, — все зависит от твоей смекалки.

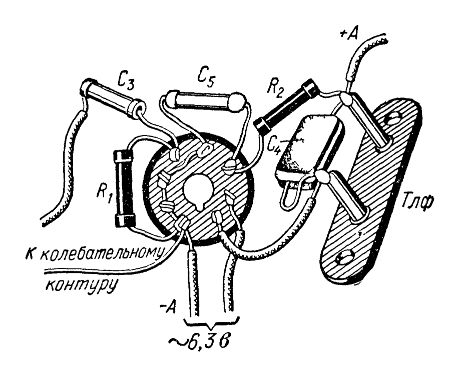


Рис. 222. Монтаж панельки лампы простейшего радиоприемника с питанием от сети.

Коротко об испытании приемника. Прежде чем подключить к приемнику блок питания, проверь по принципиальной схеме правильность всех соединений, убедись в их прочности. Включив блок питания, услышишь в телефоне слабый шум. Если коснуться вывода управляющей сетки отверткой, взятой в руку, услышишь в телефоне гул, свидетельствующий об исправной работе лампы. После этого можно подключить к приемнику наружную антенну и заземление и настраивать его на радиостанции.

Емкость конденсатора, блокирующего телефон, может быть от 1 000 до 4 700 *пф*. Увеличение ее приведет к тому, что через конденсатор начнут проходить наиболее высокие звуковые колебания, отчего приемник начнет «басить».

А теперь сравни ламповую часть схемы простейшего сетевого приемника со схемой первого каскада сетевого усилителя (см. рис. 212). Принципиально они одинаковы. Разница только в нагрузках ламп (здесь — телефон, заблокированный конденсатором, там — резистор) и элементах катодной и сеточной цепей (здесь катод соединен с общим минусом напрямую, в цепи сетки имеется постоянный резистор, там же в цепь катода включена ячейка автоматического смещения, а в цепь сетки — переменный резистор).

Как превратить первый каскад усилителя низкой частоты в сеточный детектор? Этот вопрос уже не ко мне, а к тебе. Подумай и попробуй. Обязательно учти следующее: при работе этого каскада в качестве сеточного детектора и предварительного усиления колебаний низкой частоты на управляющую сетку лампы не должно подаваться постоянное отрицательное напряжение смещения.

Положительная обратная связь

Простейший ламповый приемник дает возможность принимать лишь радиостанции, находящиеся от него в радиусе 100—200 *км*. Для приема более удаленных станций чувствительность его недостаточна. Повысить чувствительность можно путем введения в сеточный детектор положительной обратной связи.

Допустим, что мы сделали простейший приемник по схеме на рис. 223 (для упрощения схемы на ней не показана цепь накала и вместо пентода изображен триод), используя в нем колебательный контур с цилиндрической катушкой.

В анодную цепь лампы, между анодом и телефоном, мы включаем тоже цилиндрическую катушку, но размерами поменьше, чтобы она могла поместиться внутри каркаса контурной катушки.

Настроившись на какую-либо радиостанцию, приблизим новую катушку к катушке колебательного контура $L_к$. При этом громкость звучания телефона будет возрастать или, наоборот, уменьшаться. Если громкость уменьшится, перевернем анодную катушку и снова поднесем ее к контурной катушке, но уже другой стороной — громкость должна повыситься. Чем больше будем сближать катушки, тем громче будет слышна передача. Если же анодную катушку ввести внутрь катушки контура, то в телефоне появится свист, искажающий звук.

Включая в анодную цепь лампы катушку, мы получим приемник с положительной обратной связью между анодной и сеточной цепями, позволяющий слушать передачи многих отдаленных радиовещательных станций.

В чём сущность этого явления?

Анодный ток лампы, работающей в режиме сеточного детектирования, как ты уже знаешь, содержит высокочастотную составляющую. Тебе также известно, что вокруг проводника с переменным током всегда возбуждается переменное магнитное поле. Значит, вокруг катушки, включенной в анодную цепь, тоже имеется переменное магнитное поле, изменяющееся с частотой колебаний в контуре. Сближая катушки, мы заставляем переменное магнитное поле высокой частоты анодной катушки возбуждать в катушке контура колебания высокой частоты. Другими словами, сближая катушки, мы часть энергии из анодной цепи лампы передаем в колебательный контур. Чем ближе находятся друг к другу катушки, тем больше этой дополнительной энергии поступает из анодной цепи в контур.

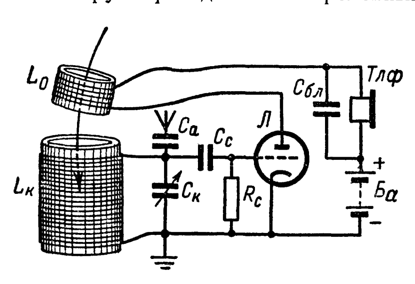


Рис. 223. Опыт с простейшим радиоприемником.

Энергия, полученная контуром из анодной цепи лампы, увеличивает амплитуду колебаний, которые уже существуют в контуре. Усиленные, они вновь подаются на сетку и опять усиливаются лампой, снова попадают обратно в контур сетки и т. д. Происходит дополнительное усиление колебаний высокой частоты.

Анодную катушку, с помощью которой энергия из анодной цепи лампы передается обратно в колебательный контур, включенный в цепь сетки лампы, называют катушкой обратной связи, а приемник с такой катушкой — приемником с обратной связью или регенератором.

Обратная связь повышает чувствительность приемника к сигналам отдаленных станций. Одновременно повышается и способность его лучше выделять сигналы той станции, на которую он настроен. Однако нарастанию этих качеств есть предел. Когда контур начинает получать из анодной цепи лампы слишком много энергии или, как говорят, получается очень сильная обратная связь, приемник самовозбуждается — в его контуре появляются собственные незатухающие колебания высокой частоты, причем они могут возникнуть независимо от того, поступают ли в контур колебания из антенны или нет.

При чрезмерно сильной обратной связи в колебательном контуре приемника, настроенном на волну какой-то станции, могут одновременно существовать колебания с частотой этой радиостанции и собственные колебания, имеющие несколько иную частоту. Складываясь, эти колебания образуют так называемые биения. В результате детектирования биений получаются колебания третьей — звуковой — частоты. Так, например, если приемник настроен на радиостанцию, работающую на частоте 1 000 *кгц*, а собственные колебания в контуре, возникающие в результате сильной обратной связи, имеют частоту 1 002 *кгц*, то в результате

детектирования биений получаются колебания с частотой 1 002—1 000=2 *кгц*, или 2 000 *гц*. Эти колебания звуковой частоты и искажают сигналы радиостанций.

Наибольшее усиление приемника с обратной связью получается вблизи «порога» генерации, когда достаточно малейшего увеличения обратной связи, чтобы приемник стал генератором. При ослаблении же обратной связи усиление приемника резко падает. Чтобы иметь возможность подобрать наилучшее усиление и чтобы приемник при этом не генерировал, величину обратной связи регулируют.

Существует много способов регулирования обратной связи. Один из них (по рис. 223) мы уже разобрали. Катушка обратной связи L_0 была включена последовательно в анодную цепь лампы и индуктивно связана с катушкой контура. Величину обратной связи можно регулировать расстоянием между катушками или изменением положения витков катушки обратной связи внутри контурной.

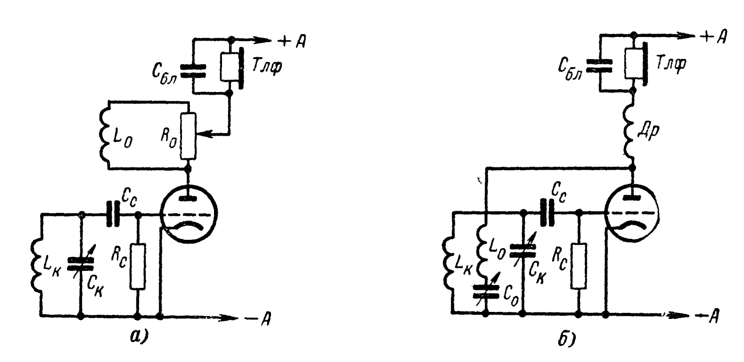


Рис. 224. Схемы регулирования величины обратной связи.

а — переменным резистором; *б* — конденсатором переменной емкости.

Схема разновидности с последовательной обратной связью показана на рис. 224, *а*. В этом случае катушку обратной связи L_0 и катушку колебательного контура $L_к$ наматывают на общем каркасе, а величину обратной связи регулируют переменным резистором R_0, включенным параллельно катушке обратной связи. Когда ползунок резистора R_0 находится в верхнем (по схеме) положении, резистор оказывает высокочастотной составляющей анодного тока значительно большее сопротивление, чем катушка L_0. Поэтому почти вся энергия высокочастотной составляющей идет через катушку L_0. Величина обратной связи в это время наибольшая. Если же ползунок резистора находится в нижнем положении, то анодный ток течет, минуя катушку обратной связи. В этом случае обратной связи нет или она очень слаба. Если ползунок резистора передвигать от одного крайнего положения до другого, то обратная связь изменяется от максимума до минимума. Наивыгоднейшее положение ползунка, при котором приемник дает наибольшее усиление и не генерирует, подбирают практическим путем во время настройки на радиостанцию. Сопротивление переменного резистора для регулирования обратной связи по такой схеме может быть в пределах 5—10 *ком*.

На рис. 224,*б* показана схема параллельной обратной связи. Здесь цепь обратной связи образуют катушка L_0, намотанная на общем каркасе с контурной и, следовательно, индуктивно связанная с нею, и конденсатор переменной емкости C_0. Цепь обратной связи включена параллельно анодной цепи лампы, поэтому и называют ее параллельной обратной связью. В данном случае по цепи обратной связи может течь только высокочастотная составляющая анодного тока. Величина ее определяется емкостью конденсатора C_0: чем меньше его емкость, тем меньше ток в цепи обратной связи. Проходящий по катушке L_0 ток высокой частоты создает вокруг нее переменное магнитное поле, которое возбуждает в контурной катушке $L_к$ колебания высокой частоты.

Чтобы приемник с такой обратной связью мог нормально работать, между анодом лампы и анодной нагрузкой (в данном случае — телефоном) должен быть включен дроссель высокой частоты *Др* — катушка с большим числом витков, обладающая сравнительно с катушкой обратной связи большей индуктивностью. Дроссель свободно пропускает ток низкой частоты, который преобразуется телефоном в звук, но оказывает большое сопротивление току высокой частоты. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока лампы и идет главным образом по цепи из конденсатора C_0 и катушки L_0, которая оказывает меньшее сопротивление, чем дроссель. Некоторая часть высокочастотной составляющей все же проходит через дроссель, но в телефон она не попадает, так как идет через блокировочный конденсатор.

Наибольшую емкость конденсатора цепи обратной связи выбирают такой, чтобы он хорошо пропускал ток высокой частоты и в то же время оказывал большое сопротивление току звуковой частоты. Этим требованиям отвечает конденсатор с наибольшей емкостью 250—350 *пф*.

В зависимости от положения катушки обратной связи относительно контурной катушки ее высокочастотное электромагнитное поле будет либо ритмично «подталкивать» существующие в контуре электрические колебания, как при раскачивании маятника, либо, наоборот, ослаблять их. В первом случае обратная связь будет положительной, во втором — отрицательной. Только в первом случае колебания в контуре будут усиливаться. Найти правильное положение катушки обратной связи относительно контурной можно либо поворотом ее на угол 180°, либо переключением ее концов.

То,что приемник с обратной связью обладает повышенной чувствительностью и избирательностью, — это его достоинство. А вот то, что он при чрезмерно сильной обратной связи генерирует колебания высокой частоты, — это его недостаток. Но этим не исчерпываются недостатки генерирующего приемника: он еще создает помехи другим приемникам, которые сами работают нормально и не генерируют. Происходит это потому, что антенна генерирующего приемника излучает в пространство высокочастотные колебания, которые достигают антенн других, находящихся поблизости приемников. При попытке приема на эти приемники той же станции, на которую настроен излучающий приемник, они будут принимать колебания двух частот, биения между которыми создадут свист, мешающий приему.

Помехи от генерирующих радиоприемников — большое зло. Поэтому пользоваться приемником с обратной связью надо очень аккуратно, не доводить его до генерации.

В простейших приемниках с транзисторным детектором положительные обратные связи не вводят из-за их неэффективности по сравнению с лампой, работающей в режиме сеточного детектирования. Объясняется это совсем иной, чем лампа, структурой транзистора.

Эксперименты, которые я предложил тебе в этой беседе, займут два-три часа, не больше. Они помогут тебе оценить достоинства одного приемника и недостатки другого. Одновременно ты сделаешь еще один шаг в освоении приемной радиотехники.

○

БЕСЕДА ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ

Твоя измерительная лаборатория

В радиолюбительской практике нередки случаи, когда собранный приемник или усилитель работает плохо или вообще молчит. А между тем виновником этого часто бывает сам радиолюбитель: в одном месте недостаточно хорошо сделал пайку, в другом плохо изолировал проводники и соединение, в третьем — вмонтировал непроверенную деталь или перепутал выводы транзистора, радиолампы. И вот результат: приемник отказывается работать. Он может плохо работать и потому, что не налажен должным образом.

Эти неприятности надо предупреждать. Но если они все же появляются, причины их надо уметь быстро находить и устранять. В этом тебе помогут пробники и измерительные приборы, которые всегда должны быть под рукой.

Вспомни свои первые практические радиолюбительские шаги — постройку детекторного приемника. Тогда можно было обходиться без измерительных приборов, потому что все было просто: несколько деталей, две взаимосвязанные цепи — вот и весь приемник.

Иное дело — транзисторный или ламповый приемник или усилитель. Даже самый простой из них, например, одно- или двухтранзисторный, уже требует применения миллиамперметра для его налаживания. Без измерительного прибора не удастся поставить транзистор в наиболее выгодный режим работы и получить от него максимальное усиление.

Случайно ли рассказ о налаживании усилителя низкой частоты с двухтактным выходным каскадом мы отложили на более позднюю беседу? Нет, не случайно. Потому что для налаживания такого усилителя потребуется, кроме вольтметра и миллиамперметра, еще и источник сигнала звуковой частоты, например простенький генератор низкой частоты.

Чем сложнее будут конструкции, а дело идет именно к этому, тем сложнее нужны измерительные приборы. Чтобы, например, хорошо наладить аппаратуру телеуправления моделями, совершенно обязательны звуковой генератор, вольтметр с большим входным сопротивлением, миллиамперметр и некоторые другие измерительные приборы. Без них лучше не браться за постройку такой аппаратуры — не имеет смысла зря тратить время, силы, детали и материалы.

Все эти измерительные приборы есть в радиоклубах ДОСААФ, в лабораториях внешкольных учреждений, а некоторые из них есть и в физическом кабинете твоей школы. Но аналогичные, только более простые приборы, желательно иметь в твоей домашней лаборатории. А для налаживания и градуировки самодельных измерительных приборов ты воспользуешься приборами радиоклуба ДОСААФ, станции юных техников или другого местного внешкольного учреждения.

Начнем с самых простых измерительных приборов — пробников.

Пробники

Самый простой пробник можно сделать из электромагнитного телефона и батареи КБС-Л-0,50, соединив их последовательно (рис. 225). Вот и весь прибор. Свободной ножкой телефона и вторым выводом батарейки ты будешь подключать пробник к испытываемой детали.

Пользоваться пробником следует в таком порядке. Сначала испытай сам прибор, коснувшись свободной ножкой телефона свободного полюса батарейки. В телефоне должен быть слышен довольно сильный щелчок. Такой же щелчок слышен в телефоне при отключении его от батарейки. Если щелчки слышны, значит пробник исправен.

Чтобы проверить, нет ли обрыва в контурной катушке, обмотке трансформатора, в дросселе, надо подключить к ним пробник. Если катушка или обмотка исправна, через нее идет ток. В моменты замыкания и размыкания цепи в телефоне слышны резкие щелчки. Если в катушке имеется обрыв, ток через нее не пойдет и никаких щелчков в телефоне не получится.

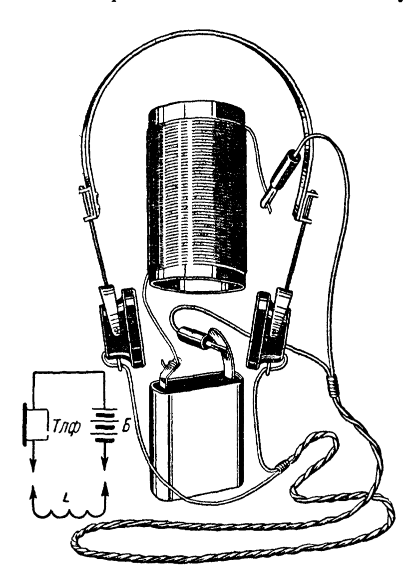


Рис. 225. Телефонный пробник.

В трансформаторе питания таким способом можно проверить каждую его обмотку.

Точно так же производится проверка конденсатора. Если конденсатор вполне исправен, то при первом замыкании цепи в телефоне пробника будет слышен щелчок, а при размыкании цепи щелчка не будет. Чем больше емкость конденсатора, тем щелчок сильнее. Щелчок этот вызывается током заряда конденсатора, идущим через телефон. У конденсатора малой емкости ток заряда очень мал, а потому щелчок будет очень слабым или его совсем не будет.

Если же при испытании конденсатора будет слышен щелчок не только при замыкании, но и при размыкании цепи, это укажет на плохое качество диэлектрика или на то, что он «пробит».

Для проверки конденсатора переменной емкости нужно включить его в цепь пробника и медленно вращать ось подвижных пластин. Если при каком-то положении оси в телефоне слышен треск, значит на этом участке подвижные и неподвижные пластины замыкаются. Осмотрев конденсатор, надо найти место касания пластин и подгибанием их с помощью ножа (или подвертыванием установочного винта) устранить неисправность. Аналогичным способом с помощью этого пробника можно проверить надежность соединения проводников, определить, цела ли нить накала радиолампы, не замыкаются ли внутри баллона ее электроды и многое другое.

Отмечу, что определить годность батарейки телефоном нельзя, так как в нем будет слышен сильный щелчок и при разрядившейся батарейке, уже не способной накаливать нить лампочки.

Большую услугу тебе может оказать универсальный пробник, схема и устройство которого показаны на рис. 226. С помощью такого пробника ты сможешь не только проверить деталь, контакт, но и «прослушать» работу многих цепей приемника или усилителя.

Этот пробник представляет собой панель размерами примерно 40 × 60 *мм* на стойках, на которой смонтированы гнезда для телефона и щупов, детектор (любой точечный диод), конденсатор емкостью 0,01—0,02 *мкф* и один элемент типа ФБС-0,25. Щупами приборчик подключают к испытываемым цепям приемника или усилителя, проверяемым деталям. Штепсельная вилка щупа *а* постоянно вставлена в общее для всех измерений гнездо — *Общ.*, переключается только щуп *б*. Когда штепсельная вилка щупа *б* находится в гнезде *1*, телефон подключают к испытываемой цепи через диод; когда она вставлена в гнездо *2*, телефон под-

ключают к испытываемой цепи через конденсатор, а когда вставлена в гнездо *3*, телефон подключают непосредственно к испытываемой цепи

Первое включение пробника предназначено для «прослушивания» высокочастотных цепей приемника. В этом случае модулированные колебания высокой частоты детектируются, а получаемые колебания низкой частоты преобразуются телефоном в звук. Второе и третье включения щупа *б* применяются при проверке

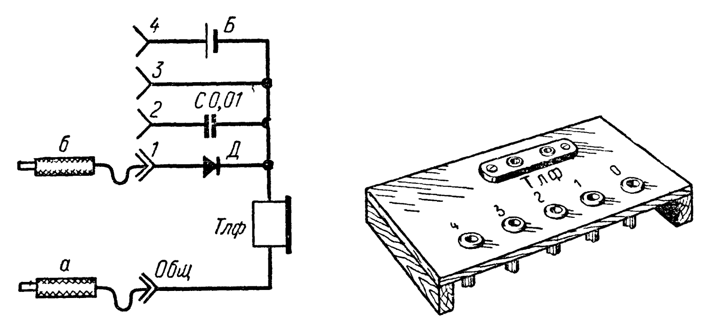


Рис. 226. Схема и устройство универсального пробника.

низкочастотных цепей: когда щуп вставлен в гнездо *2*, конденсатор преграждает путь постоянной составляющей через телефон, пропуская через него только низкочастотную составляющую; когда же он вставлен в гнездо *3*, через телефон могут идти как постоянный ток, так и токи низкой частоты. Последнее — четвертое — включение щупа *б* (в гнездо *4*) соответствует использованию пробника для испытания деталей, так же как телефонного пробника.

Радиотрансляционная сеть в роли генератора колебаний НЧ

Наиболее распространенный способ проверки работоспособности усилителя низкой частоты — с помощью звукоснимателя, включенного на вход усилителя. Во время проигрывания грампластинки звукосниматель развивает напряжение низкой частоты до нескольких десятых долей вольта, а иногда и больше. Чем меньше то напряжение на входе усилителя, при котором усилитель работает с полной отдачей и при этом не искажает звук, тем выше его чувствительность.

Источником, как бы генератором такого напряжения, может стать радиотрансляционная сеть, если действующее в ней напряжение понизить до нескольких долей вольта. Схему приборчика, с помощью которого это можно сделать, не нанося вреда сети, и его конструкцию ты видишь на рис. 227. Сигнал звуковой частоты радиотрансляционной сети подается на вход усилителя через делитель напряжения, составленный из постоянного резистора R_1 и переменного резистора R_2, включенного потенциометром.

Для радиотрансляционной сети напряжением 15 *в* (в крупных городах) сопротивление резистора R_1 должно быть 150 *ком*, емкость конденсатора C_1 — 10 *пф*, а для сети напряжением 30 *в* — соответственно 300 *ком* и 50 *пф*. Что же получается? Почти все напряжение сети падает на резисторе R_1, и только небольшая часть его, примерно 0,1—0,2 *в*, приходится на резистор R_2, с которого сигнал подается на вход усилителя. При перемещении движка переменного резистора на вход усилителя можно подавать напряжение низкой частоты от нуля (движок R_2 в крайнем нижнем положении) до 0,1—0,2 *в* (движок R_2 в крайнем верхнем положении) и таким образом проверять чувствительность и качество работы усилителя в целом и его каскадов.

Переходный конденсатор C_2 выполняет роль конденсатора связи, а C_1 — роль корректирующего конденсатора для наиболее высоких звуковых частот.

Приборчик смонтируй на гетинаксовой плате размерами примерно 40 × 70 *мм*. На плату под ручкой переменного резистора можно приклеить шкалу с делениями, по которым можно грубо судить о выходном напряжении. Нижний (по схеме) выходной проводник желательно снабдить зажимом типа «крокодил»,

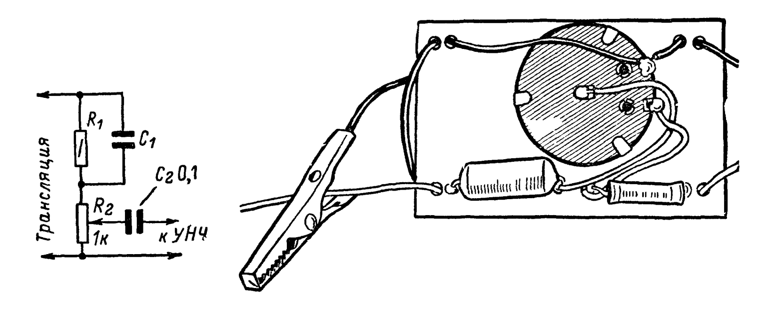


Рис. 227. Схема и конструкция делителя напряжения радиотрансляционной сети.

а верхний, идущий от конденсатора C_2, щупом — отрезком толстого провода, заключенного в изоляционную трубку. Зажимом «крокодил» ты будешь подключать приборчик к общим цепям усилителя, а щупом — к входным цепям каскадов усилителя.

Предупреждаем: **подавать на вход усилителя полное напряжение радиотрансляционной сети нельзя** — из-за недопустимо большого входного сигнала усилитель непременно выйдет из строя.

Простейший генератор сигналов

Этот прибор то же, по-существу, пробник, но более универсальный, чем предыдущий, так как с помощью его можно проверять не только низкочастотный, но и высокочастотный тракт приемника.

Принципиальная схема и одна из возможных конструкций такого прибора изображены на рис. 228. Это так называемый мультивибратор, представляющий собой разновидность генераторов электрических колебаний. О принципе работы и многообразии применения такого генератора, особенно в электронной автоматике, наш разговор впереди (см. двадцатую беседу). Сейчас лишь скажу, что он генерирует колебания не только какой-то одной, основной частоты, но и множество гармоник, вплоть до частот коротковолнового диапазона.

Генератор — двухтранзисторный. Напряжение сигнала снимается с резистора R_4, являющегося нагрузкой транзистора T_2, и через разделительный конденсатор C_3 подается на вход проверяемого усилителя или приемника. Если усилитель или приемник исправны, в громкоговорителе слышен неискаженный звук тональности, соответствующей частоте колебаний генератора.

Основная частота сигнала около 1 *кгц*, амплитуда выходного сигнала около 0,5 *в*. Для питания прибора используется один элемент ФБС-0,25. Ток, потребляемый генератором, не превышает 0,5 *ма*. Это значит, что элемент может питать прибор практически более полугода, т. е. до полного саморазряда.

Транзисторы T_1 и T_2 — любые маломощные низкочастотные, с любым коэффициентом усиления. Важно лишь, чтобы они были исправными. Правильно собранный прибор начинает работать сразу после включения питания, и никакой

наладки не требует. Проверить работу генератора можно, подключив к его выходу высокоомные телефоны — в телефонах будет слышен звук средней тональности.

Частота основных колебаний генератора может быть изменена путем использования в нем конденсаторов C_1 и C_2 иных емкостей. С увеличением емкостей этих конденсаторов частота колебаний уменьшается, а с уменьшением — увеличивается.

Генератор, показанный на рис. 228, смонтирован на гетинаксовой плате размерами 50 × 70 *мм*. Элемент, с которого удалена бумажная этикетка, укреплен на плате жестяным хомутиком, являющимся выводом отрицательного полюса элемента. Выключатель питания необязателен — на время пользования генератором можно замыкать проводники плюсовой цепи питания.

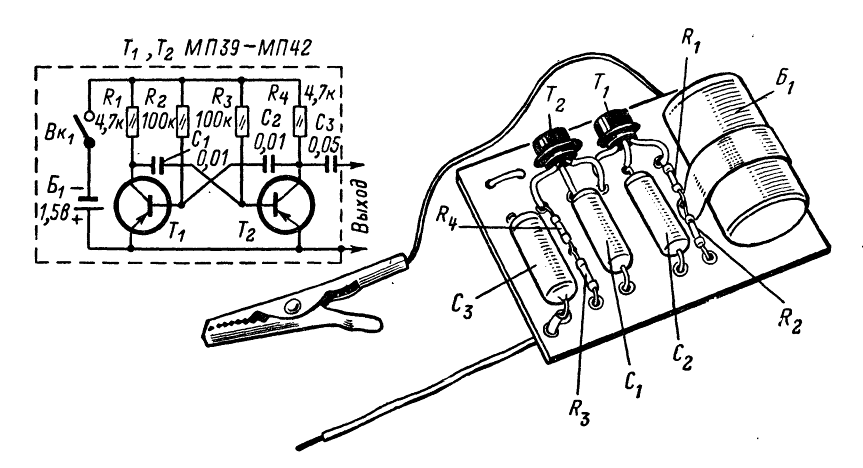


Рис. 228. Простейший генератор сигналов.

Как и в предыдущем приборчике, плюсовой проводник выхода генератора целесообразно снабдить зажимом «крокодил», а второй проводник, идущий от конденсатора C_3, сделать в виде щупа.

Чтобы предупредить «просачивание» сигнала в цепи проверяемого приемника или усилителя, минуя выходную цепь генератора, прибор следует заключить в экран (на схеме показан штриховыми линиями) и соединить его с плюсовым проводником. Роль такого экрана может выполнять жестяная коробка или алюминиевая фольга (обертка шоколада), которые, разумеется, должны быть изолированы от других цепей генератора.

Но конструкция прибора может быть иной. Можно, например, детали смонтировать плотно на узкой плате и разместить ее в корпусе неисправного электролитического конденсатора. Генератор может быть совсем маленьким, если в нем использовать малогабаритные транзисторы, например, типа ГТ108, а для его питания — дисковый аккумулятор типа Д-0,06.

Измеритель *RCL*

С помощью этого прибора можно с достаточной для тебя точностью измерять сопротивления резисторов (*R*), емкости конденсаторов (*C*) и индуктивности (*L*) наиболее часто применяемых катушек колебательных контуров и высокочастотных дросселей.

Основой прибора служит и з м е р и т е л ь н ы й м о с т, в одну из диагоналей которого включен источник тока, а в другую — индикатор тока. Схему

такого моста для измерения сопротивлений ты видишь на рис. 229, *а*. Этот мост состоит из четырех резисторов, образующих его четыре плеча: R_x — резистор, сопротивление которого измеряем; $R_э$ — эталонный, т. е. образцовый резистор, сопротивление которого известно; R_1 и R_2 — резисторы, сопротивления которых подбирают. Индикатором *И* может быть миллиамперметр с нулевой отметкой в середине шкалы. В том случае, если общее сопротивление резисторов R_x и $R_э$ равно общему сопротивлению резисторов R_1 и R_2, то весь ток батареи, питающей мост, равными долями течет только через эти две параллельные ветви моста. При этом через индикатор ток не идет и его стрелка стоит против нулевой отметки шкалы. В таких случаях говорят, что измерительный мост сбалансирован, т. е. электрически уравновешен. Но стоит изменить сопротивление одного из плеч моста, заменив, например, резистор R_x резистором другого номинала, как произойдет перераспределение токов в плечах моста и он окажется разбалансированным — стрелка индикатора отклонится в ту или иную сторону от нулевой отметки на шкале в зависимости от нового соотношения сопротивлений плеч моста. Чтобы мост снова сбалансировать, надо соответственно изменить сопротивления одного из других плеч моста.

Поскольку сопротивление эталонного резистора $R_э$ известно, известны номиналы подбираемых резисторов R_1 и R_2, то сопротивление проверяемого резистора R_x нетрудно подсчитать по такой формуле:

$$R_x = R_э \frac{R_1}{R_2}.$$

Допустим, что $R_э = 10$ *ком*, $R_1 = 2$ *ком*, а $R_2 = 1$ *ком*. В этом случае сопротивление измеряемого резистора R_x будет:

$$R_x = 10 \frac{2}{1} = 20 \text{ ком}.$$

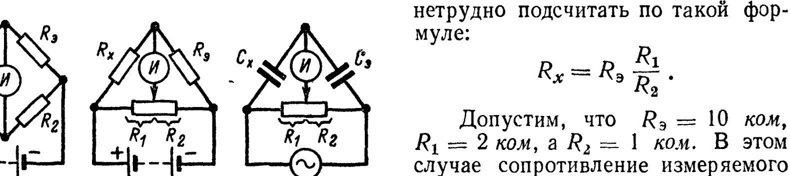


Рис. 229. Схемы мостов для измерения.
а и *б* — сопротивлений; *в* — емкостей

Резисторы R_1 и R_2 можно заменить одним переменным резистором, как это показано на рис. 229, *б*. В этом случае соотношение сопротивлений плеч моста, а значит, и его балансировка, достигается перемещением движка этого резистора. А если против ручки переменного резистора будет заранее размеченная шкала, то отпадет надобность в расчете сопротивления измеряемого резистора R_x. Переменный резистор в этом случае называют реохордом, а измерительный мост — реохордным мостом.

Теперь рассмотри рис. 229, *в*, на котором изображена схема такого же моста, но предназначенного для измерения емкостей конденсаторов. Здесь $C_э$ — эталонный конденсатор, C_x — измеряемый конденсатор, а переменный резистор ($R_1 + R_2$) — реохорд, которым балансируют мост. Источником питания моста служит генератор переменного тока. На этот ток должен реагировать и индикатор моста. Измерение емкостей конденсаторов производят так же, как измерение сопротивлений резисторов, — путем балансировки моста и определения емкости по шкале реохорда.

Этот же мост можно использовать и для измерения индуктивностей катушек колебательных контуров или дросселей высокой частоты, если в нем конденсатор $C_э$ заменить эталонной катушкой $L_э$, а вместо конденсатора C_x включить в мост измеряемую катушку индуктивности L_x.

Как видишь, дружок, принцип измерений сопротивлений, емкостей и индуктивностей деталей одинаков. Разница лишь в источнике питания и индикаторе моста. А нельзя ли, спросишь ты, при любых измерениях питать мост переменным током? Можно! Например, переменным током звуковой частоты. В этом случае роль индикатора могут выполнять головные телефоны: баланс моста фиксируют по наименьшему звуку или пропаданию его в них. Такой прибор я и предлагаю для твоей лаборатории.

Принципиальная схема этого прибора показана на рис. 230. Транзисторы T_1, T_2 и относящиеся к ним резисторы R_1 — R_4 и конденсаторы C_1 и C_2 образуют такой же генератор колебаний звуковой частоты, как генератор предыдущего пробника (см. рис. 228). Транзистор T_3 является усилителем мощности, а его нагрузочный резистор R_5 — реохордом измерительного моста, питающегося переменным током генератора. Конденсаторы C_3 — C_5, резисторы R_6 — R_8, и катушка индуктивности L_1 — эталонные детали моста, от точности номиналов которых зависит точность производимых измерений. Резисторы и катушки индуктивности, электрические параметры которых надо измерить (R_x, L_x), подключают к зажимам *1—2*, а измеряемые конденсаторы (C_x) — к зажимам *2—3*. Телефоны включают в гнезда *Тлф*.

Советую тебе мостовую часть схемы прибора начертить в таком же виде, как на рис. 229, *в*. Это поможет тебе полнее разобраться в плечах моста и его работе в целом.

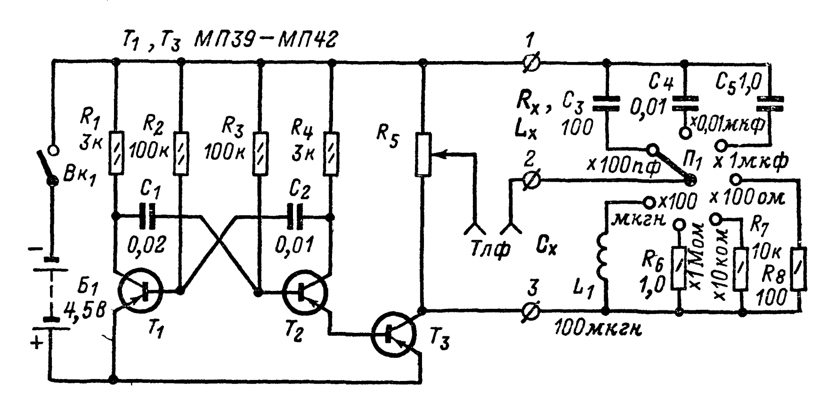


Рис. 230. Принципиальная схема измерителя *RCL*.

Почему в приборе несколько эталонных конденсаторов и резисторов? Чтобы расширить пределы измерений, что достигается включением в мост эталонных конденсаторов и резисторов, номиналы которых отличаются друг от друга в число раз, кратное 10. Показанное на схеме положение переключателя $П_1$, когда в мост включен эталонный конденсатор C_3 (100 *пф*), соответствует поддиапазону измерения емкостей конденсаторов примерно от 10 до 1 000 *пф*. Во втором (по движению часовой стрелки) положении переключателя (включен эталон C_4) можно измерять емкости конденсаторов от 1 000 *пф* до 0,1 *мкф*, в третьем (включен эталон C_5) — от 0,1 до 10 *мкф*.

Аналогично обстоит дело и при измерении сопротивлений резисторов: включение в мост эталона R_8 (100 *ом*) соответствует поддиапазону измерения сопротивлений от 10 *ом* до 1 *ком*, включение эталона R_7 (10 *ком*) — поддиапазону измерений от 1 до 100 *ком*, эталона R_6 (1 *Мом*) — поддиапазону от 100 *ком* до 10 *Мом*. С помощью только одного эталонного конденсатора и одного эталонного резистора перекрыть такие широкие диапазоны измеряемых емкостей и сопротивлений невозможно.

Диапазон измерения индуктивностей катушек контуров и дросселей высокой частоты один — примерно от 10 до 1 000 *мкгн*. Это тебя вполне устроит, так как индуктивность подавляющего большинства этих деталей не превышает 1 000 *мкгн*.

О чем говорят обозначения × 10*пф*, × 0, 01 *мкф*, × 1 *мкф* и т. д., сделанные на принципиальной схеме прибора? Это коэффициенты, на которые надо умножить численные значения делений шкалы реохорда R_5 измерительного моста. Шкала (см. рис. 233) общая для любых измерений. Ее деления обозначены цифрами от 0,1 до 10. И чтобы узнать, какова емкость или сопротивление детали, надо численное

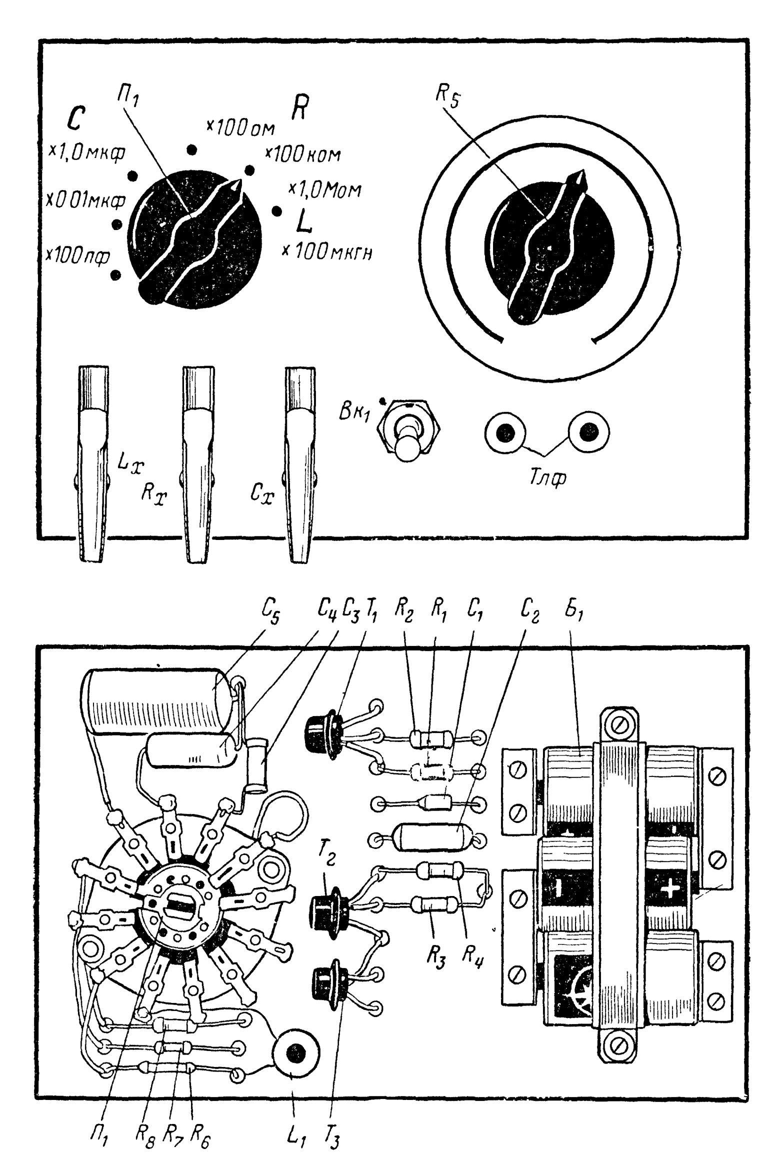


Рис. 231. Конструкция измерителя *RCL*.

значение деления шкалы реохорда умножить на коэффициент, соответствующий положению переключателя моста. Например: измеряя сопротивление резистора, мост твоего прибора оказался сбалансированным при положении переключателя на отметке × 100 *ом*, а указателя ручки реохорда — против деления 2,2 шкалы. Умножив 2,2 на 100 *ом*, ты узнаешь сопротивление измеряемого резистора. Получится 220 *ом*.

Номиналы конденсаторов и резисторов, кроме реохорда R_5, указаны на принципиальной схеме прибора. В качестве реохорда надо использовать проволочный переменный резистор. Его сопротивление может быть от 300—400 *ом* до 6—8 *ком*. В крайнем случае, если не окажется проволочного, можно поставить мастичный переменный резистор, например, типа ВК, но обязательно группы А, т. е. резистор, у которого сопротивление между движком и любым из крайних выводов изменяется пропорционально изменению угла поворота оси.

Переключатель поддиапазонов измерений одноплатный, на семь положений. Телефоны высокоомные; низкоомные телефоны будут заметно шунтировать генератор и влиять на частоту его колебаний.

Эталонная катушка L_1 должна обладать индуктивностью 100 *мкгн*. Для такой катушки можешь использовать унифицированный или подобный ему каркас с ферритовыми кольцами (см. рис. 160), намотав на него 65—70 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2. Окончательно индуктивность катушки подгоняй по заводскому прибору с помощью подстроечного сердечника.

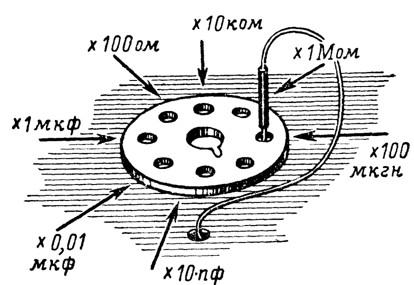


Рис. 232. Ламповая панель вместо переключателя.

Конструкция прибора может быть такой, как показанная на рис. 231. Она, как видишь, двухпанельная. Верхняя панель, на которой находятся зажимы для измеряемых деталей, гнезда телефонов, переключатель видов измерений, реохорд со шкалой моста и выключатель питания являются лицевой панелью футляра прибора. Остальные детали смонтированы на второй, внутренней, панели, удерживающейся на стойках переключателя. На оси реохорда и переключателя насажены ручки с «клювиками» — указателями.

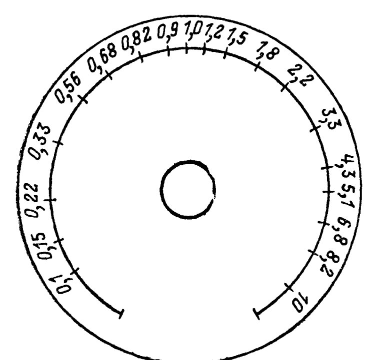


Рис. 233. Шкала измерителя *RCL*.

Для питания прибора использованы три элемента ФБС-0,25, которые соединены последовательно контактными пластинами из листовой меди.

Эталонные резисторы (R_6 — R_8) и конденсаторы (C_3 — C_5), прежде чем вмонтировать их, обязательно проверь на точном измерительном приборе. Точность их номиналов должна быть возможно высокой, уж во всяком случае не хуже 2—3%. Измерь по несколько резисторов и конденсаторов для каждого поддиапазона и отбери те из них, которые имеют наименьшие отклонения от номиналов.

Если окажутся осложнения с переключателем, то его можно заменить ламповой панелью (рис. 232). Снизу к выводам гнезд панели припаяешь эталонные резисторы, конденсаторы и катушку индуктивности, а переключать их будешь с помощью штырька, соединенного с зажимом *2* прибора, вставляя его в соответствующие гнезда панели.

Генератор прибора никакой наладки не требует. А чтобы убедиться, работает ли он, достаточно подключить к его выходу, например, параллельно реохорду, телефоны — в телефонах услышишь звук. Генератор может не работать только из-за ошибок в монтаже или негодности каких-то деталей. Единственно что тебе, возможно, придется сделать — это подобрать желательный тон звука путем изменения емкостей конденсаторов C_1 и C_2.

А вот с градуировкой шкалы тебе придется повозиться порядочно, ведь от того, насколько точно ты ее разметишь, зависят и результаты твоих будущих измерений.

Поскольку шкала реохорда общая для всех видов измерений, то градуировать (размечать) ее можно только для одного поддиапазона измерений. Делать это целесообразнее для поддиапазона сопротивлений 10 *ом* — 1 *ком* или 1—100 *ком*. И вот почему: во-первых, резисторы таких сопротивлений наиболее ходовые, а во-вторых, к резисторам вообще при конструировании аппаратуры предъявляют более жесткие требования, чем к подавляющему большинству конденсаторов той же аппаратуры.

Градуировать шкалу лучше по так называемому магазину сопротивлений — набору эталонных резисторов, изготовленных из высокоомной проволоки. Такой набор, возможно, есть и в физическом кабинете твоей школы. Но можно воспользоваться и набором резисторов соответствующего номинала, но обязательно с допуском отклонений от их номиналов не более 5%.

Сначала, установив переключатель на выбранный поддиапазон измерений, подключи к зажимам «R_x» резистор такого же номинала, как и эталонный резистор этого поддиапазона. Для поддиапазона 1—100 *ком* это должен быть резистор на 10 *ком* (R_7), а для поддиапазона 10 *ом* — 1 *ком* — на 100 *ом*. Поворачивая ручку реохорда в обе стороны, добейся минимального звука в телефонах и против «носика» ручки сделай отметку на дуге будущей шкалы. Это отметка множителя «1,0», соответствующая для нашего примера сопротивлению 10 *ком* (1,0 × 10 *ком* = = 10 *ком*). Она должна находиться точно в середине шкалы и делить ее на две равные части. После этого подключай к зажимам «R_x» другие резисторы убывающих или, наоборот, увеличивающихся номиналов и делай на шкале соответствующие отметки. В конечном итоге у тебя получится примерно такая же шкала, как изображенная на рис. 233.

Об электроизмерительных стрелочных приборах

Но простые пробники и измеритель *RCL*, о которых мы здесь рассказали, — только часть приборов самой первой необходимости. А как быть с измерениями токов и напряжений, без чего нельзя проверить и установить нужный режим работы аппаратуры, с измерением параметров транзисторов, чтобы знать их усилительные свойства? Для таких и ряда других измерений потребуется чувствительный стрелочный измерительный прибор.

Я уже говорил, что токи измеряют амперметрами, миллиамперметрами или микроамперметрами, напряжения — вольтметрами, милливольтметрами. Несмотря на различия в наименованиях, все эти приборы работают принципиально одинаково: отклонение стрелки показывает, что через прибор течет ток. Чем больше ток, тем больше отклонение стрелки прибора. А шкалу прибора в зависимости от того, для каких измерений он приспособлен, градуируют соответственно в амперах, миллиамперах, вольтах. Такой же прибор можно использовать и в омметре — приборе для прямого (а не косвенного, как в измерителе *RCL*) измерения сопротивлений цепей, резисторов.

Всякий электроизмерительный прибор характеризуют его пределом измерений — числом ампер, миллиампер, микроампер, вольт и т. д., при котором его стрелка отклоняется до конца шкалы. Когда, например, говорят, что предел измерений прибора 1 *ма*, это значит, что стрелка данного прибора отклоняется до последнего деления шкалы, когда через него проходит ток 1 *ма*. Такой прибор можно включать только в ту цепь, ток в которой не превышает 1 *ма*. Ток бóльшей величины может повредить прибор. Если же через этот прибор будет проходить меньший ток, например 0,5 *ма*, то его стрелка отклонится только на половину шкалы. При еще меньшем токе стрелка этого прибора даст еще меньшее отклонение.

Иногда прибор характеризуют его чувствительностью на одно деление его шкалы. Если, например, шкала имеет 50 делений, а его чувствительность 20 *мка*

на одно деление шкалы, то стрелка отклоняется на всю шкалу при токе 20 × × 50 = 1 000 *мка*, или 1 *ма*.

Существует несколько систем электроизмерительных приборов: электромагнитные, магнитоэлектрические, электродинамические. В радиолюбительской же практике применяются главным образом приборы магнитоэлектрической системы, обладающие по сравнению с приборами других систем рядом преимуществ, в том числе высокой чувствительностью, большой точностью результатов измерений и равномерностью шкал.

Чтобы лучше уяснить принцип работы электроизмерительного прибора такой системы, предлагаем провести опыт с моделью этого прибора (рис. 234). Из тонкого картона вырежь две полоски шириной 12—15 *мм* и склей из них рамки: квадратную со сторонами длиной 20 *мм* и прямоугольную со сторонами 30 и 40 *мм*. Чтобы углы рамки были прямыми, картон с наружной стороны изгибов надрежь ножом.

В квадратную рамку вставь ось — швейную иглу длиной 40 *мм*, проколов ею противоположные стороны рамки. Намотай на эту рамку 150—200 витков провода ПЭЛ или ПЭВ 0,15—0,25, уложив их равными частями по обе стороны от оси. Чтобы витки не сползали, готовую катушку следует скрепить кусочками изоляционной ленты или липкой бумаги. Один конец провода длиной 5—6 *см* получившейся катушки с предварительно удаленной эмалью намотай на иглу и закрепи в ушке. Другой конец такой же длины пропусти петлей через проколы в каркасе и сверни спиралью.

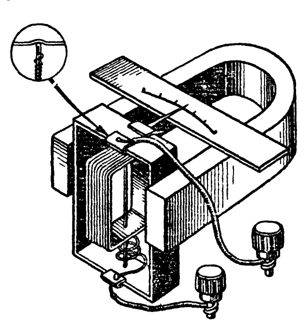


Рис. 234. Модель прибора магнитоэлектрической системы.

В средней части верхней стороны второй рамки закрепи полоску жести, предварительно сделав в ней небольшое углубление для тупого конца иглы; она же будет служить и выводным контактом катушки. Второй, спиралевидный конец провода катушки припаяй к жестяной скобке, обжимающей край картона нижней стороны рамки. Изгибая витки спирали, установи катушку так, чтобы ее плоскость была перпендикулярна плоскости внешней рамки. Легко вращаясь на оси в обе стороны, катушка под действием пружинящей спирали должна возвращаться в исходное положение.

А теперь помести катушку между полюсами подковообразного магнита и подключи к ней через лампочку карманного фонаря батарею КБС-Л-0,50. Образуется электрическая цепь. Лампочка загорится, а магнитное поле тока в катушке, взаимодействуя с полем магнита, заставит повернуться ее на некоторый угол. Чем меньше ток в катушке, тем меньше угол поворота катушки. В этом нетрудно убедиться, включая последовательно в цепь катушки куски проволоки сопротивлением в несколько ом.

Измени включение полюсов батареи на обратную или переверни магнит. Теперь катушка будет поворачиваться в противоположном направлении.

К рамке катушки можно приклеить легкую стрелку, а к магниту — полоску плотной бумаги с делениями. Получится модель, с помощью которой можно грубо измерять постоянный ток. А если в цепь включить диод, тогда модель будет реагировать и на переменный ток.

Устройство прибора магнитоэлектрической системы и внешний вид некоторых приборов этой системы — приборов типа М24 и М49 — показаны на рис. 235. Измерительный механизм состоит из неподвижной магнитной системы и подвижной части, связанной с отсчетным приспособлением. В магнитную систему входят постоянный магнит *2* с полюсными наконечниками *3* и цилиндрический сердечник *10*. Полюсные наконечники и сердечник изготовлены из магнитномягкого материала («мягкими» называют сплавы железа, обладающие малым магнитным сопротивлением, но сами не намагничивающиеся). Воздушный зазор между полюсными

наконечниками и сердечником везде одинаков, благодаря чему в зазоре образуется равномерное магнитное поле, что является обязательным условием для равномерности шкалы.

Подвижная часть механизма прибора состоит из рамки *11*, двух кернов — полуосей *5* рамки, двух плоских спиральных пружин *8* и стрелки *1* отсчетного приспособления с противовесами *9*. Рамка представляет собой катушку, намотанную изолированным медным или алюминиевым проводом на прямоугольном каркасе из тонкой бумаги или фольги (рамки приборов особо высокой чувствительности бескаркасные). Керны служат осью вращения рамки. Для уменьшения трения концы подпятников *4*, на которые опираются керны, выполняют из полудрагоценных камней. Керны прикреплены к рамке с помощью буксов.

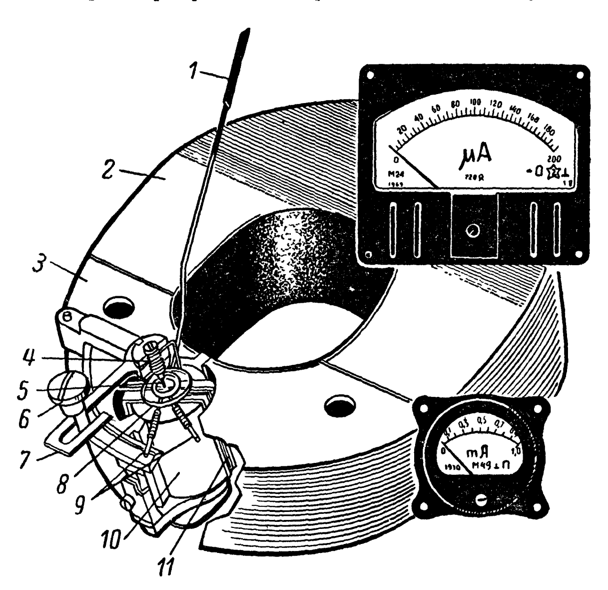


Рис. 235. Внешний вид приборов типов М24 и М49 и устройство измерительного механизма магнитоэлектрической системы.

Спиральные пружины, изготовляемые обычно из ленты фосфористой бронзы, создают противодействующий момент, который стремится возвратить рамку в исходное положение при ее отклонении. Пружины используются и как токоотводы. Наружный конец одной из пружин соединен с корректором.

Корректор, состоящий из эксцентрика *6*, укрепленного на корпусе прибора, и рычага *7*, соединенного с пружиной, служит для установки стрелки прибора на нулевое деление шкалы. При повороте эксцентрика поворачивается и рычаг, вызывая дополнительное закручивание пружины. Подвижная часть механизма при этом поворачивается, и стрелка отклоняется на соответствующий угол.

Прибор, как и его модель, которую, надеюсь, ты сделал, работает следующим образом. Когда через рамку течет ток, вокруг нее образуется магнитное поле. Это поле взаимодействует с полем постоянного магнита, в результате чего рамка вместе со стрелкой поворачивается, отклоняясь от первоначального положения. Отклонение стрелки от «нулевой» отметки будет тем большим, чем больше ток в катушке. При повороте рамки спиральные пружины закручиваются. Как только прекращается ток в рамке, пружины возвращают ее, а вместе с нею и стрелку прибора в «нулевое» положение.

Как узнать систему данного прибора, не разбирая его? Для этого достаточно взглянуть на условный знак на шкале. Если он изображает подковообразный магнит с прямоугольником между его полюсами, значит, прибор магнитоэлектрической системы с подвижной рамкой. Рядом с ним еще знак, указывающий положение прибора, в котором он должен находиться при измерениях. Если не придерживаться этого указания, то прибор будет давать неточные показания. Эти и некоторые другие условные обозначения на шкалах приборов изображены на рис. 236.

На шкалах, кроме того, обычно указывают сопротивления рамок приборов постоянному току и те виды и пределы измерений, которые можно ими производить. Так, например, прибор, внешний вид которого показан на рис. 235, является микроамперметром (обозначение μA) и рассчитан для измерения постоянных токов не более чем до 200 *мка*, т. е. до 0,2 *ма*. Это прибор хорошей чувствительности. Его сопротивление, судя по надписи на шкале, 720 *ом*. Если этот прибор миллиамперметр, на его шкале пишут *mA*. На шкале амперметра пишут букву *A*, а на вольтметре — букву *V*. О пределах измерений приборами можно судить по градуировке их шкал.

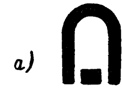




Рис. 236. Условные обозначения на шкалах приборов.

а — магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой; *б* — прибор предназначен для измерения постоянного тока; *в* — рабочее положение шкалы прибора горизонтальное; *г* — рабочее положение шкалы прибора вертикальное; *д* — между корпусом и магнитоэлектрической системой прибора напряжение не должно превышать 2 *кв*; *е* — класс точности прибора, проценты.

Хочется еще раз подчеркнуть, что независимо от внешнего вида и названия механизмы и принцип работы этих приборов совершенно одинаковы и отличаются они один от другого в основном только чувствительностью. Если магнитоэлектрический прибор используют для измерения сравнительно больших токов, например в амперметре, параллельно рамке присоединяют резистор, называемый ш у н т о м (рис. 237, *а*). Сопротивление шунта $R_ш$ подбирают таким, чтобы через него шел основной ток, а через прибор — только часть измеряемого тока. Если из такого прибора удалить шунт, его чувствительность увеличится, а предельный ток, который можно будет им измерять, уменьшится.

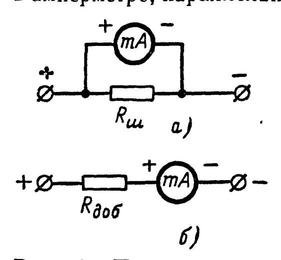


Рис. 237. Подключение шунта (*а*) и добавочного резистора (*б*) к электроизмерительному прибору.

При использовании магнитоэлектрического прибора в вольтметре последовательно с его катушкой включают добавочный резистор $R_{доб}$ (рис. 237,*б*). Он ограничивает величину тока, проходящего через прибор, повышая общее сопротивление прибора.

Шунты и добавочные резисторы могут находиться как внутри корпусов приборов (внутренние), так и снаружи (внешние). Чтобы превратить амперметр, вольтметр и миллиамперметр в микроамперметр, иногда достаточно изъять из них шунты и дополнительные резисторы.

В некоторых приборах имеются еще так называемые м а г н и т н ы е ш у н т ы — стальные подвижные пластинки, частично замыкающие магнитные силовые линии между полюсами магнита, минуя катушку. Этими шунтами регулируют чувствительность приборов. Наилучшая чувствительность прибора будет тогда, когда пластинка совсем не перекрывает зазор между полюсами магнита.

Для бóльшей части измерений можно использовать прибор чувствительностью не хуже 1 *ма*. Но чем на меньший ток он будет рассчитан, тем лучше.

Желательно, чтобы шкала прибора была возможно большего размера. Это позволит делать более точные отсчеты измеряемых величин.

Если в твоем распоряжении окажется прибор с неизвестными параметрами, его чувствительность приблизительно можно узнать так. Составь электрическую цепь из этого прибора, батареи КБС-Л-0,50 и резистора сопротивлением 15—20 *ком*. При этом стрелка прибора отклонится на какой-то угол от исходного положения. Постепенным уменьшением сопротивления этого добавочного резистора, заменой его резистором на меньшее сопротивление или параллельным подключением к нему другого резистора добейся отклонения стрелки до последнего деления шкалы. Нельзя резко уменьшать сопротивление добавочного резистора, так как это может вызвать резкий уход стрелки прибора за пределы шкалы и стрелка может погнуться. Если теперь напряжение батареи разделить на сопротивление подобранного резистора, то ты узнаешь примерный ток полного отклонения стрелки прибора. Например, если отклонение стрелки на всю шкалу получилось при напряжении батареи 4,5 *в* и сопротивлении резистора 9 *ком* (9 000 *ом*), то, следовательно, чувствительность этого прибора примерно равна:

$$4{,}5\ в : 9\ 000\ ом = 0{,}0005\ а, \quad \text{или} \quad 500\ мка.$$

Миллиамперметр

В твоей практике придется иметь дело с измерениями постоянных токов в основном от нескольких долей миллиампера до 100 *ма*. Например, коллекторные токи транзисторов и анодные токи ламп каскадов усиления высокой частоты и каскадов предварительного усиления низкой частоты могут быть от 0,2—0,5 *ма*, а токи усилителей мощности достигают 60—80 *ма*. Значит, чтобы измерять небольшие токи, нужен прибор чувствительностью не хуже 1 *ма*. А расширить пределы измеряемых токов можно путем применения шунта (рис. 237,*а*).

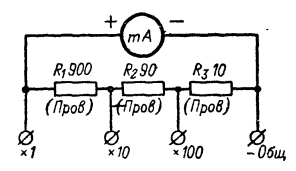


Рис. 238. Миллиамперметр с универсальным шунтом.

Сопротивление шунта зависит от данных прибора и наибольшего измеряемого тока и может быть вычислено по такой формуле:

$$R_ш = \frac{R_п I_п}{I_{к.п} - I_п},$$

где $R_п$ — внутреннее сопротивление прибора, *ом*; $I_п$ — ток полного отклонения стрелки прибора, *ма*; $I_{к.п}$ — требуемое наибольшее значение измеряемого тока, *ма*.

Если, например, $I_п$ твоего прибора 1 *ма*, его $R_п$ равно 100 *ом*, а необходимый $I_{к.п}$ 100 *ма*, то $R_ш$ должно быть:

$$R_ш = \frac{R_п I_п}{I_{к.п} - I_п} = \frac{100 \cdot 1}{100 - 1} \approx 1\ ом.$$

Этим прибором, таким образом, можно будет измерять токи: без шунта — от 0 до 1 *ма*, а с шунтом — от 0 до 100 *ма*. Во втором случае при измерении наибольшего тока через прибор будет течь ток, не превышающий 1 *ма*, т. е. его сотая часть, а 99 *ма* — через шунт.

Лучше, однако, иметь еще один предел измерений — до 10 *ма*. В этом случае более точно, чем по шкале 100 *ма*, можно отсчитывать токи в несколько миллиампер, например коллекторные токи транзисторов выходных каскадов простых приемников. В этом случае измеритель токов можно построить по схеме, показанной на рис. 238. Здесь используется универсальный шунт, составленный из трех резисторов, позволяющий увеличивать пределы измерений любого миллиамперметра или микроамперметра в 10 и 100 раз. И если чувствительность твоего прибора 1 *ма*, то, применив к нему такой шунт, прибором можно будет измерять

постоянные токи трех пределов: 0—1 *ма*, 0—10 *ма* и 0—100 *ма*. Зажим — *Общ* является общим для всех пределов измерений. Чтобы узнать измеряемый ток, надо величину тока, зафиксированную стрелкой прибора, умножить на численное значение коэффициента возле других зажимов. А поскольку чувствительность прибора известна, то возле зажимов вместо множителей ×1, ×10 и ×100 можно написать предельно измеряемые токи. Для нашего примера это будут надписи: 1 *ма*, 10 *ма* и 100 *ма*.

Шунты изготавливают обычно из провода с высоким сопротивлением — манганина, никелина или константана, наматывая его на каркасы из изоляционных материалов. Каркасом шунта твоего прибора может быть гетинаксовая планка длиной чуть больше расстояния между зажимами прибора (рис. 239). Выводами шунта и отводами его секций служат отрезки медного провода, укрепленные в отверстиях в планке. От них идут проводники к входным зажимам (или гнездам) прибора. Каркасами секций шунта могут быть также резисторы типа ВС.

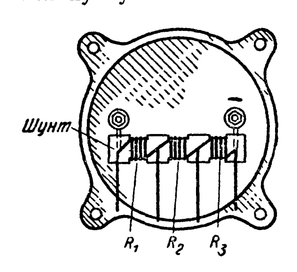


Рис. 239. Миллиамперметр с шунтом (вид на прибор сзади).

Очень важно обеспечить надежность контактов в самом шунте. Если в нем появятся плохое соединение или обрыв, то весь измеряемый ток пойдет через миллиамперметр и прибор может испортиться. И еще одно обязательное требование: в измеряемую цепь должен включаться шунт, к которому подключен миллиамперметр, а не наоборот. Иначе из-за нарушения контакта между зажимами прибора и шунтом в этом случае через прибор также пойдет весь измеряемый ток и могут быть те же неприятности.

Вольтметр

Качество вольтметра постоянного тока, пригодного для радиотехнических измерений, оценивают его сопротивлением в омах, приходящимся на 1 *в* измеряемого напряжения (пишут: *ом/в*). Так, например, если сопротивление вольтметра, включая его добавочный резистор, равно 10 000 *ом*, а шкала его проградуирована для измерения напряжений до 10 *в*, то на 1 *в* измеряемого напряжения будет приходиться 1 000 *ом*. Внутреннее, или входное, сопротивление такого вольтметра будет 1 *ком/в*. Чем меньше ток прибора, используемого в вольтметре, тем больше сопротивление его добавочного резистора и прибора в целом. Качество вольтметра тем выше, чем больше его общее сопротивление.

Вольтметр с малым сопротивлением непригоден для измерения, например, напряжений непосредственно на электродах транзисторов и электронных ламп. Вольтметр с малым сопротивлением, «забирая» большой ток, создает дополнительные падения напряжения на резисторах, включенных в цепи транзисторов, радиоламп или других приборов аппаратуры. Из-за этого показания вольтметра будут значительно отличаться от действительных напряжений, действующих в цепях ламп, когда вольтметр отключен. Наибольшие погрешности в показаниях вольтметра с небольшим сопротивлением будут при измерениях в цепях с большими сопротивлениями и особенно в тех, в которых течет малый ток, например в базовой цепи транзистора, в анодной и в цепи экранирующей сетки лампы 6Ж8, используемой для работы в каскадах предварительного УНЧ.

Для бо́льшей части твоих измерений годится вольтметр, обладающий сопротивлением не менее 1 000 *ом/в*. Для ряда же измерений нужен более высокоомный вольтметр.

В приемниках и усилителях чаще приходится измерять напряжения от нескольких вольт до нескольких сотен вольт. Поэтому вольтметр с одним пределом измерений неудобен. Например, вольтметром со шкалой на 500 *в* нельзя точно измерить напряжения 3—5 *в*, так как отклонение стрелки получится мало-

заметным. Вольтметром же со шкалой на 10 *в* нельзя измерять более высокие напряжения. Поэтому тебе нужен вольтметр, имеющий не менее трех пределов измерений. Схема такого вольтметра показана на рис. 240. Наличие трех добавочных резисторов R_1, R_2 и R_3 свидетельствует о том, что вольтметр имеет три предела измерений. В данном случае первый предел 0—10 *в*, второй 0—100 *в* и третий 0—500 *в*. Это наиболее удобные пределы измерений постоянных напряжений.

Рис. 240. Принципиальная схема вольтметра постоянного тока на три предела измерений.

Сопротивления добавочных резисторов легко подсчитать по известной тебе формуле, вытекающей из закона Ома:

$$R = U/I.$$

В данном случае U — предельное напряжение в вольтах, на которое рассчитывается шкала прибора; I — ток полного отклонения стрелки прибора, выраженный в амперах; R — сопротивление добавочного резистора для данного предела измерений.

Допустим, что ты имеешь прибор на ток 1 *ма* (0,001 *а*). Тогда сопротивление добавочного резистора для предела измерений до 10 *в* (R_3 на рис. 240) должно быть:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{0{,}001} = 10\ ком.$$

Сопротивления добавочных резисторов для других измерений соответственно должны быть: 100 *ком* для предела 0—100 *в*, 500 *ком* для предела 0—500 *в*.

Если чувствительность прибора иная, например 500 *мка* (0,0005 *а*), то для тех же пределов измерений добавочные резисторы должны иметь сопротивления: 20 *ком* для предела 0—10 *в*, 200 *ком* для предела 0—100 *в* и 1 *Мом* для предела 0—500 *в*.

Нетрудно определить, что при любом пределе измерений вольтметр с прибором на 1 *ма* будет иметь сопротивление примерно 1 000 *ом/в*, а с прибором на 500 *мка* — 2 000 *ом/в*. Второй вольтметр лучше первого.

Рис. 241. Схема вольтметра переменного тока.

Более точный расчет сопротивлений добавочных резисторов производят с учетом сопротивления всей цепи вольтметра, включая сопротивление рамки прибора. Но сопротивление рамки прибора по сравнению с сопротивлениями добавочных резисторов мало, поэтому при расчете его обычно не учитывают. Окончательную же «подгонку» резисторов производят при градуировке вольтметра путем замены их, подключая к ним последовательно или параллельно другие резисторы.

Но тебе надо измерять не только постоянные, но и переменные напряжения, например напряжение сети, напряжения на вторичных обмотках силового трансформатора, в цепях накала ламп. Чтобы для этой цели приспособить вольтметр постоянного тока, его надо дополнить выпрямителем, преобразующим переменное напряжение в постоянное (точнее, пульсирующее), которое и будет фиксировать прибор. Схема такого прибора показана на рис. 241. Работает прибор так. В те моменты времени, когда на левом (по схеме) зажиме прибора положительные полуволны переменного напряжения, ток идет через диод $Д_1$, включенный для него в прямом направлении, и далее через миллиамперметр к правому зажиму. В это время через диод $Д_2$ ток идти не может, так как для тока этого направления диод закрыт. Во время положительных полупериодов на правом зажиме диод $Д_1$ закрывается и положительные полуволны переменного напряжения замыкаются через диод $Д_2$, минуя миллиамперметр.

Роль резистора $R_{доб}$ здесь точно такая же, как и в вольтметре постоянного тока, -- гасить избыточное напряжение сети. Рассчитывают его так же, как и для постоянных напряжений, но полученный результат делят на 2,5—3, если выпрямитель прибора однополупериодный, или на 1,25—1,5, если выпрямитель прибора двухполупериодный. В нашем примере выпрямитель прибора однополупериодный, поэтому результат надо делить на 2,5—3. Более точно сопротивление этого резистора подбирают опытным путем во время градуировки шкалы прибора.

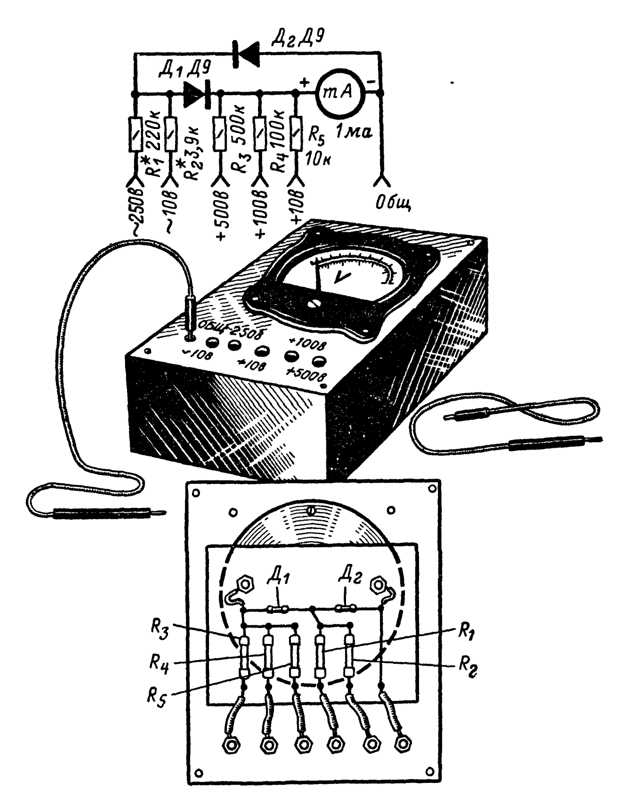


Рис. 242. Схема и конструкция вольтметра.

Таким вольтметром можно измерять и напряжение звуковой частоты до нескольких килогерц.

На рис. 242 показаны принципиальная схема и конструкция вольтметра постоянного и переменного напряжений, которыми ты можешь воспользоваться, конструируя такой прибор для своей лаборатории. В этой схеме ты должен узнать уже знакомые схемы вольтметра постоянного тока на три предела измерений (рис. 240) и вольтметра постоянного тока (рис. 241) на два предела измерений. Гнездо —*Общ*, соединенное с отрицательным зажимом миллиамперметра, является общим для всех измерений. Сопротивления добавочных резисторов, указанные на схеме, для выбранных пределов измерений соответствуют чувствительности прибора 1 *ма*. Для прибора другой чувствительности сопротивления резисторов надо пересчитать.

Не оказывают ли диоды $Д_1$ и $Д_2$ какое-либо влияние на работу прибора при измерении постоянных напряжений. Практически, нет! Если, разумеется, диоды исправны и их обратные токи не превышают допустимых.

Миллиамперметр и гнезда смонтированы на гетинаксовой панели размерами 100×140 *мм* (для прибора с размерами по фасаду 83×83 *мм*), которая крепится шурупами к боковым стенкам футляра. Резисторы и диоды смонтированы на самостоятельной плате меньших размеров, тоже из гетинакса, и крепится она непосредственно на зажимах миллиамперметра. От них идут проводники к входным гнездам прибора.

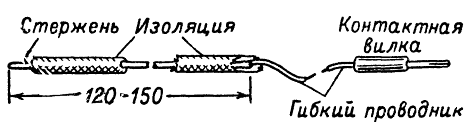


Рис. 243. Устройство щупа.

Подключение вольтметра к измеряемым цепям производи при помощи двух щупов, один из которых будет постоянно включен в гнездо *Общ.*

Устройство щупа показано на рис. 243. Это медный или латунный стержень (проволока) диаметром 3—4 и длиной 120—150 *мм*, один конец которого заострен. К другому его концу припаян гибкий (многожильный) изолированный проводник, оканчивающийся однополюсной контактной вилкой, вставляемой в гнездо вольтметра. На стержень надета изолирующая (резиновая, полихлорвиниловая, эбонитовая) трубка. Она закрывает весь стержень щупа, включая место спайки его с гибким проводником. Из трубки выступает только заостренный кончик стержня, которым можно прикасаться к точкам измеряемых цепей. Если не окажется подходящей изоляционной трубки, то закатай стержень щупа в полоску бумаги, предварительно промазав ее клеем БФ-2 или каким-либо клейким лаком, и хорошенько просуши. Толщина бумажного слоя должна быть 0,5—0,8 *мм*. Сверху бумажную изоляцию покрой тем же клеем или лаком или покрась масляной краской.

В вольтметре можно использовать заводскую шкалу прибора, но можно вычертить новую (рис. 244) таких же размеров Всю дугу шкалы постоянных напряжений сначала раздели на десять одинаковых частей, которые для предела 0—10 *в* будут соответствовать единицам, для предела 0—100 *в* — десяткам и для предела 0—500 *в* — пяти десяткам вольт. Чтобы можно было вести более точные отсчеты, каждую десятую часть шкалы раздели еще на пять одинаковых частей.

Рис. 244. Образец шкалы вольтметра.

Шкала постоянных напряжений равномерная, поэтому ее можно разместить заранее. А вот шкала переменных напряжений в большей ее части почти равномерна, а вначале сжатая. Поэтому можно заранее начертить только дугу, а деления, также от 0 до 10, разметить во время градуировки. Для предела 0—10 *в* десятое деление будет соответствовать переменному напряжению 10 *в*, а для предела 0—250 *в* — напряжению 250 *в*.

Для градуировки самодельного вольтметра потребуются источники постоянных и переменных напряжений и контрольный (эталонный) вольтметр, дающий правильные показания.

Для градуировки шкалы постоянных напряжений самодельный вольтметр ($V_г$) и контрольный ($V_к$) соедини параллельно, как показано на рис. 245. На обоих вольтметрах установи одинаковые пределы измерений. Присоедини к ним через переменный резистор (R) сопротивлением 3—6 *ком*, включенный потенциометром, источник постоянного тока, дающий напряжение несколько большее, чем напряжение данного предела измерений, например, 12 *в* для 10-вольтовой шкалы. По-

дай на вольтметры напряжение, равное пределу измерений, например 10 *в*. Сравни показания вольтметров, а затем, если надо, подбирай сопротивление добавочного резистора, добиваясь, чтобы показания твоего вольтметра и контрольного вольтметра были одинаковыми. Если контрольный прибор показывает 10 *в*, а самодельный — 9,4 *в*, то сопротивление добавочного резистора следует уменьшить и, наоборот, увеличить, если показание твоего вольтметра превышает показание контрольного. После этого, изменяя потенциометром напряжение, сравни показания приборов при более низких напряжениях — они должны совпадать.

Точно так же подгоняй сопротивления добавочных резисторов и для двух других пределов измерений постоянных напряжений, источником которых может быть выпрямитель. При этом необязательно подавать на приборы наибольшие напряжения пределов измерений — подгонять сопротивления резисторов можно при каких-то средних напряжениях, а затем сверить показания вольтметров при более низких и более высоких напряжениях.

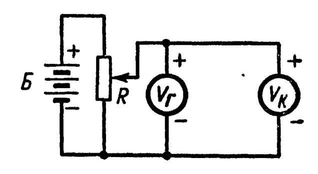


Рис. 245. Схема соединения приборов для градуировки.

Приступая к градуировке шкалы переменных напряжений, на вход самодельного и контрольного вольтметров подай наибольшее напряжение первого предела измерений 0—10 *в*. Установив по контрольному вольтметру это напряжение, подбери такое сопротивление добавочного резистора, чтобы стрелка твоего вольтметра установилась точно на последнем делении шкалы. Затем с помощью потенциометра постепенно уменьшай напряжение и, следя за показаниями контрольного вольтметра, делай на шкале отметки, соответствующие каждому вольту напряжений и его долям.

Проградуированная таким образом шкала первого предела измерений будет и шкалой второго предела измерений, но цена каждого большого деления будет уже не 1 *в*, а 25 *в*. Но чтобы «вогнать» в нее предел 0—250 *в*, надо подать на вольтметры напряжение 250 *в* и, подгоняя сопротивление добавочного резистора этого предела, добиться отклонения стрелки прибора точно до последней отметки шкалы.

Чтобы избежать опасности удара напряжением во время градуировки высоковольтной шкалы, подбирать сопротивление добавочного резистора нужно только при выключенном источнике напряжения.

Омметр

С помощью измерителя *RCL*, об устройстве которого я рассказал тебе в этой беседе, можно измерять только сопротивления резисторов, а также деталей, проводников и цепей, не содержащих индуктивность. Им нельзя измерить, например, активное сопротивление катушек электромагнитных телефонов или повышающей обмотки силового трансформатора, так как они обладают еще и индуктивным сопротивлением. Поэтому радиолюбители наряду с приборами типа *RCL* пользуются также омметрами со стрелочными индикаторами, на результаты измерений которых индуктивности не оказывают влияния. Сущность действия таких приборов заключается в том, что при включении в цепь, составленную из электроизмерительного прибора и источника постоянного тока, резисторов различных сопротивлений или других деталей, обладающих активным сопротивлением, величина тока этой цепи изменяется. Соответственно изменяется и угол отклонения стрелки прибора.

Составив из миллиамперметра, батареи КБС-Л-0,50 и резистора замкнутую электрическую цепь (рис. 246, *а*), сопротивление добавочного резистора подбери так, чтобы стрелка прибора отклонилась на всю шкалу. Зная напряжение источника тока и ток полного отклонения прибора, сопротивление этого резистора, можно подсчитать по той же формуле, по которой мы рассчитывали сопротивление добавочного резистора к вольтметру. Подобрав добавочный резистор, разорви цепь — образовавшиеся при этом концы проводников будут входом получивше-

гося простейшего омметра (рис. 246, *б*). Подключи к выводам R_x резистор небольшого сопротивления, например 10 *ом*. Полное сопротивление цепи теперь стало больше на сопротивление этого резистора. Соответственно и ток в цепи уменьшился — стрелка прибора не отклоняется до конца шкалы. Это положение стрелки отметь на шкале черточкой, а около нее напиши цифру 10. Потом к выводам R_x подключи резистор сопротивлением 15 *ом*. Стрелка прибора отклонится еще меньше. Отметь и это положение стрелки на шкале. Далее присоединяй поочередно резисторы сопротивлениями в несколько десятков ом, сотен ом, килоом

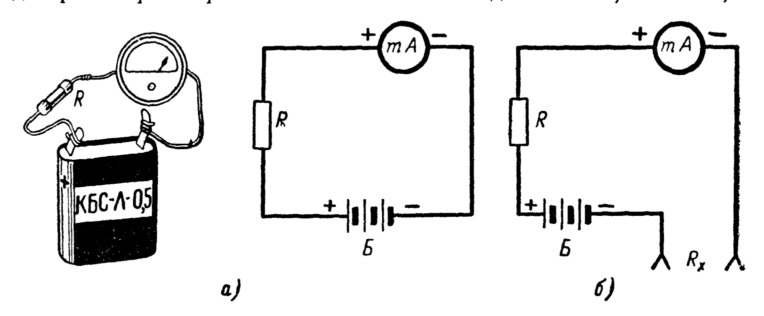


Рис. 246. Простой омметр.

а — подбор добавочного резистора; *б* — схема прибора.

и отмечай получающиеся в каждом случае отклонения стрелки. Если теперь к выводам отградуированного таким способом простейшего омметра присоединить резистор неизвестного сопротивления, то стрелка прибора укажет деление на шкале, соответствующее сопротивлению этого резистора.

Когда ты будешь замыкать выводы R_x накоротко, стрелка прибора должна устанавливаться на самом правом делении шкалы. Это соответствует *нулю* омметра. Нуль же бывшего миллиамперметра в омметре будет соответствовать очень большому сопротивлению. Показания такого омметра будут правильными до тех

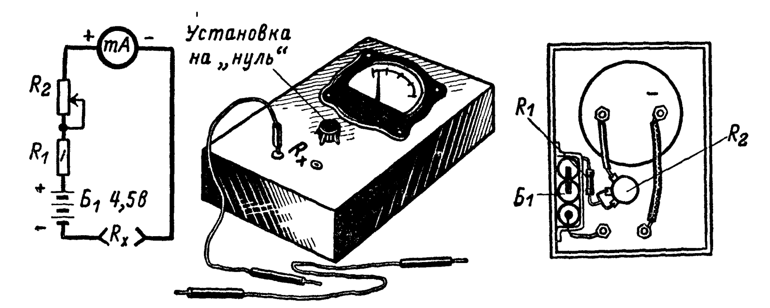


Рис. 247. Принципиальная схема и устройство омметра.

пор, пока не уменьшится напряжение батареи. При уменьшении напряжения батареи вследствие ее разряда стрелка прибора уже не будет устанавливаться на «нуле» и омметр будет давать неправильные показания. В этом недостаток простейшего омметра, собранного по схеме на рис. 246, *б*.

Этот недостаток устранен в омметре по схеме на рис. 247. Здесь последовательно с прибором и резистором R_1 включен переменный резистор R_2, который служит для установки стрелки омметра на «нуль». Пока батарея свежая, в цепь вводится бóльшая часть сопротивления резистора R_2. По мере разряда батареи сопротивле-

ние этого резистора уменьшают. Таким образом, дополнительный переменный резистор позволяет регулировать величину тока в цепи омметра и устанавливать его стрелку на «нуль». Его обычно называют резистором установки омметра на «нуль».

Сопротивление резистора установки омметра на «нуль» должно составлять 1/10—1/8 часть общего сопротивления добавочных резисторов. Если, например, общее добавочное сопротивление по расчету должно быть 4 700 *ом*, то переменный резистор R_2 надо взять на 470—620 *ом*, а резистор R_1 3,9—4,3 *ком*. При этом надобность в точной подгонке сопротивления основного добавочного резистора отпадает.

В омметре, конструкция которого показана на рис. 247, использованы прибор на ток 1 *ма*, резистор R_1 (3,9 *ком*), резистор R_2 (510 *ом*) и батарея, составленная из трех элементов ФБС-0,25. Омметр смонтирован на гетинаксовой панели, служащей одновременно крышкой ящичка. Таким прибором можно с достаточной точностью измерять сопротивления от нескольких десятков ом до 200—300 *ком*, что вполне тебя устроит.

Образец шкалы такого омметра показан на рис. 248. Градуировку ее делай по резисторам заведомо известных сопротивлений, а еще лучше при помощи магазина сопротивлений.

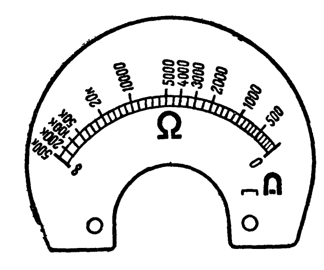


Рис. 248. Образец шкалы омметра.

Пользование омметром несложно. Всякий раз перед измерениями стрелку омметра устанавливай на «нуль», замкнув накоротко оголенные концы щупов. Затем, прикасаясь щупами омметра выводов резисторов, выводов обмоток трансформаторов или других деталей, определяй их сопротивления по градуированной шкале. С течением времени стрелка прибора не будет устанавливаться на «нуль». Это укажет на то, что батарея разрядилась и ее нужно заменить новой.

Омметром можно пользоваться как универсальным пробником, например: проверить, нет ли обрывов в контурных катушках, обмотках трансформатора, выяснить, не замыкаются ли катушки или обмотки трансформатора между собой. При помощи омметра легко найти выводы обмоток трансформатора, а по сопротивлению этих обмоток судить об их назначении. Омметром можно проверить, не оборвана ли нить накала лампы, не соединяются ли между собой электроды лампы, судить о качестве диодов. Замыкания в монтаже или между обкладками конденсатора, надежность контактных соединений и многое другое также можно определять омметром.

Запомни, как ведет себя омметр при испытании конденсаторов. Если щупами прикоснуться к выводам конденсатора, стрелка прибора даст мгновенное отклонение и сейчас же возвратится в положение очень большого сопротивления. Этот «бросок» стрелки, получающийся за счет тока заряда конденсатора, будет тем большим, чем больше емкость конденсатора. При испытании конденсаторов малой емкости «броски» стрелки так малы, что они незаметны, так как зарядный ток таких конденсаторов ничтожно мал.

Если при испытании конденсатора стрелка омметра отклоняется до «нуля», значит конденсатор пробит; если же омметр после отклонения стрелки от тока заряда покажет сопротивление, значит, конденсатор имеет утечку.

Авометр

Ты, конечно, обратил внимание на то, что в миллиамперметре, вольтметре и омметре, о которых я рассказывал, использовались однотипные стрелочные приборы. Невольно напрашивается вопрос: нельзя ли все это объединить в одном приборе? Можно. Получится а в о м е т р — прибор для измерения токов, напряжений и сопротивлений.

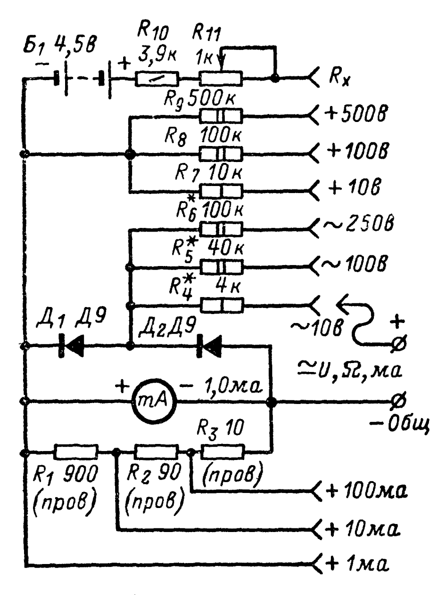


Рис. 249. Принципиальная схема авометра.

Принципиальная схема такого прибора показана на рис. 249. В ней объединены уже знакомые тебе схемы миллиамперметра, вольтметра и омметра. Миллиамперметр *mA* является общим индикатором для всех видов измерений. Проволочные резисторы R_1—R_3 образуют шунт миллиамперметра на три предела измерений: 0—1 *ма*, 0—10 *ма* и 0—100 *ма*. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ и резисторы R_4—R_6 — элементы вольтметра переменного тока на напряжения до 10, до 100 и до 250 *в*, а R_7—R_9 — добавочные резисторы вольтметра постоянных напряжений пределов измерений 0—10, 0—100 и 0—500 *в*. Резисторы R_{10}, R_{11} и батарея $Б_1$ вместе с миллиамперметром образуют омметр. Зажим — *Общ* для всех видов измерений общий. Переключение прибора на те или иные виды измерений осуществляется перестановкой однополюсной вилки, соединенной со вторым («+») входным зажимом авометра.

Изготовление и градуировка авометра ничем не отличаются от миллиамперметра, вольтметра и омметра. Надо только подобрать подходящий электроизмерительный прибор, рассчитать и подогнать резисторы к нему, продумать конструкцию в соответствии с рабочим положением прибора (вертикальное или горизонтальное). Полагаем, что со всем этим ты справишься без нашей помощи. Сопротивления резисторов, указанные в схеме на рис. 249, соответствуют прибору с полным отклонением стрелки при токе 1 *ма* и сопротивлении подвижной катушки 100 *ом*.

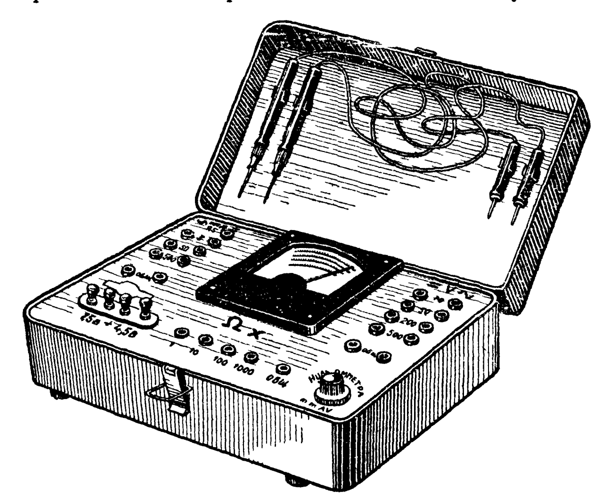


Рис. 250. Универсальный измерительный прибор «Школьный».

Если у тебя будет прибор иной чувствительности с хорошей заводской шкалой, например на ток 300 *мка*, ее целесообразно сохранить. В этом случае надо изменить только пределы измерений миллиамперметра, вольтметра постоянного тока так, чтобы они были кратны делениям шкалы. Шкалы же вольтметра переменного тока и омметра можно вычертить на отдельном кусочке плотной бумаги и укрепить на передней стенке футляра авометра. Проводники щупов желательно сделать разноцветными, например черным и красным. Первый будет всегда общим (минус прибора) для любых измерений.

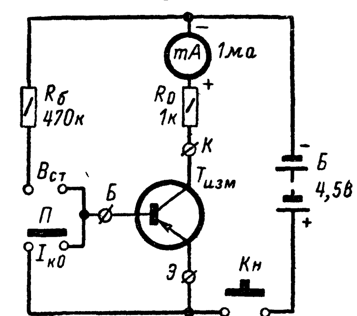
Переход с одного вида измерений на другой можно осуществлять и с помощью многоконтактного переключателя. В этом случае прибор будет иметь всего два зажима или гнезда для подключения щупов.

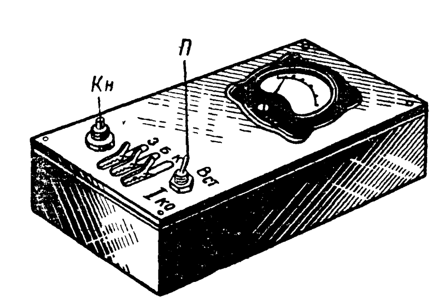
Наша промышленность выпускает для нужд предприятий и радиолюбителей несколько типов авометров. К их числу относятся, например, приборы типа Ц-20, «Школьный» (рис. 250). Любой из них может быть использован как амперметр, миллиамперметр, омметр и вольтметр постоянного и переменного напряжений со многими пределами измерений. Есть приборы, позволяющие, кроме этих измерений, производить проверку параметров транзисторов. Если представится возможность, купи такой прибор; он многие годы будет тебе верным помощником.

Прибор для проверки транзисторов

Прибор для проверки параметров маломощных транзисторов может быть также самодельным, на базе миллиамперметра.

Тебя должны интересовать такие наиболее существенные параметры транзисторов: величина обратного тока коллектора $I_{к0}$, статический коэффициент усиления по току $B_{ст}$ и постоянство коллекторного тока. Эти параметры ты можешь проверить с помощью прибора, схема и устройство которого изображены на рис. 251. Для него потребуются: миллиамперметр (*mA*) на ток 1 *ма*, источник постоянного тока *Б* с напряжением 4,5 *в*, переключатель *П* вида измерений, кнопка *Кн* включения питания, два резистора $R_б$—R_0 и три зажима для подключения транзисторов к прибору. Для переключателя вида измерений используй двух-





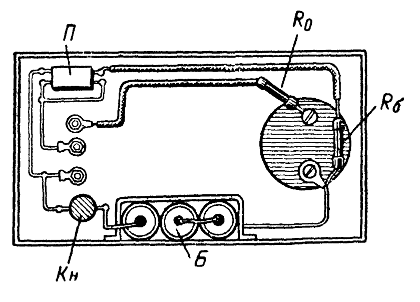


Рис. 251. Схема и устройство прибора для проверки транзисторов *p-n-p*-типа.

полюсный тумблер на два положения. Кнопка может быть любой, например подобной звонковой или в виде замыкающихся пластинок. Зажимы типа «крокодил».

Шкала миллиамперметра должна иметь десять основных делений, соответствующих десятым долям миллиамперметра. При проверке коэффициента усиления каждое деление шкалы будет оцениваться десятью единицами значения $B_{ст}$.

Детали прибора смонтируй на панели из изоляционного материала, например гетинакса. Размеры панели зависят от габаритов деталей.

Прибор действует так. Когда переключатель *П* вида измерений установлен в положение $I_{к0}$, база проверяемого транзистора оказывается замкнутой на эмиттер. При включении питания нажатием кнопки *Кн* стрелка миллиамперметра покажет значение обратного тока коллектора $I_{к0}$. Когда же переключатель находится в положении $B_{ст}$, на базу транзистора через резистор $R_б$ подается напряжение смещения, создающее в цепи базы ток, усиливаемый транзистором. При этом показание миллиамперметра, включенного в коллекторную цепь, умноженное на 100, соответствует примерному значению коэффициента усиления транзистора. Так, например, если миллиамперметр покажет ток 0,6 *ма*, $B_{ст}$ данного транзистора будет 60.

Проверяя коэффициент усиления, следи внимательно за стрелкой миллиамперметра. Величина коллекторного тока с течением времени не должна изменяться — «плыть». Транзистор с «плавающим» током коллектора не годен для работы.

Учти: во время такой проверки транзистора его нельзя держать рукой, так как от тепла руки ток коллектора может изменяться.

Какова роль резистора R_0, включенного последовательно в коллекторную цепь проверяемого транзистора? Он ограничивает ток в этой цепи на случай, если коллекторный переход транзистора окажется пробитым и через него может идти недопустимый для миллиамперметра ток.

Максимальный обратный ток коллектора $I_{к0}$ для маломощных низкочастотных транзисторов может достигать 20—25, но не быть больше 30 *мка*. В нашем приборе это будет соответствовать очень малому отклонению стрелки миллиамперметра — примерно третьей части первого деления шкалы. У хороших маломощных высокочастотных транзисторов $I_{к0}$ значительно меньше — не более нескольких микроампер, на который прибор еле реагирует. Транзисторы, у которых обратный ток коллектора превышает в несколько раз допустимый, считай непригодными для работы — они могут подвести.

Прибор с миллиамперметром на 1 *ма* позволяет измерять коэффициент усиления $B_{ст}$ до 100, т. е. наиболее распространенных транзисторов. Прибор с миллиамперметром на ток 5—10 *ма* расширит соответственно в 5 или 10 раз пределы измерений значений $B_{ст}$. Но он станет почти нечувствительным к малым значениям обратного тока коллектора.

Описанный здесь прибор рассчитан для проверки только маломощных транзисторов *р-п-р*-типа. Для проверки маломощных транзисторов *п-р-п*-типа полярность включения батареи и миллиамперметра надо изменить на обратную.

Звуковой генератор

Принципиальная схема генератора колебаний звуковой частоты, необходимого для проверки и налаживания низкочастотного тракта различной аппаратуры, и особенно аппаратуры телеуправления, многих автоматических устройств, показана на рис. 252, а его внешний вид — на рис. 253. В принципе он работает так же, как генератор измерителя *RCL*, но частоту его колебаний можно изменять в пределах от 200 до 3 000 *гц*, и, кроме того, регулировать напряжение выходного сигнала. Питать генератор можно от батареи «КронаВЦ» или двух батарей КБС-Л-0,50, соединенных последовательно.

Задающий генератор прибора образуют первые два каскада на транзисторах T_1 и T_2, а каскад на транзисторе T_3 является усилителем мощности генерируемых колебаний. Частота колебаний плавно изменяется спаренными переменными резисторами R_2 и R_3.

Резисторы R_{15}, R_{16} и R_{17} образуют делитель напряжения, снимаемого с выхода генератора, в пределах от 5—10 *мв* до 3 *в*. Регулировка напряжения выходного сигнала осуществляется переменным резистором R_{13}, а контроль за этим напряжением — с помощью вольтметра, роль которого выполняет миллиамперметр *mA* с добавочным резистором R_{14}, включенные в диагональ двухполупериодного выпрямительного моста на диодах $Д_1$—$Д_4$. Резистором R_{14} устанавливается показание вольтметра, соответствующее 3 *в*. Если выходное напряжение снимать с зажимов *0—1*, оно будет равно показанию вольтметра, деленному на 100. Выходное напряжение на зажимах *0—2* будет соответствовать показанию вольтметра, деленному на 10, а на зажимах *0—3* — полному показанию вольтметра. Если, например, вольтметр показывает 3 *в*, а напряжение снимается с зажимов *0—2*, то оно соответствует напряжению 0,3 *в*.

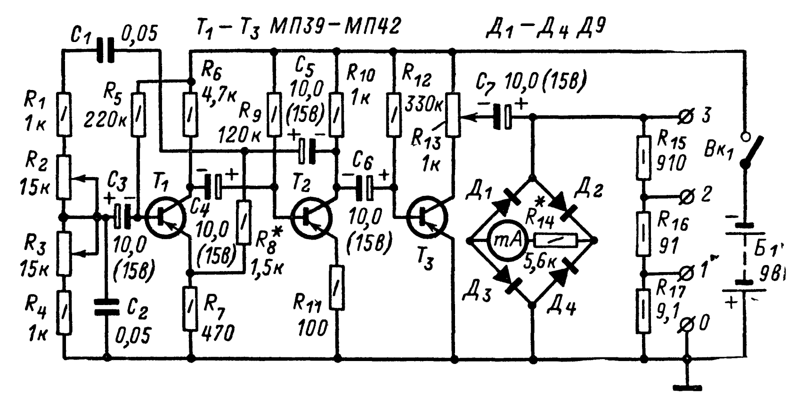


Рис. 252. Принципиальная схема звукового генератора.

Лицевую стенку футляра, на которой размещаются спаренные резисторы R_2 и R_3, выключатель питания, индикатор выходного напряжения (вольтметр), регулятор этого напряжения R_{13} и выходные зажимы генератора, желательно сделать из листового гетинакса или текстолита толщиной 3 *мм*. Остальные детали, в том числе батарею, монтируй на более тонкой и меньших размеров гетинаксовой плате, которая крепится к лицевой стенке футляра. Боковые и задняя стенки футляра могут быть как металлическими, так и фанерными — безразлично. Надо только постараться, чтобы внешний вид генератора был опрятным, а конструкция прочной — ведь пользоваться этим прибором будешь, вероятно, не только ты, но и твои товарищи по радиолюбительству.

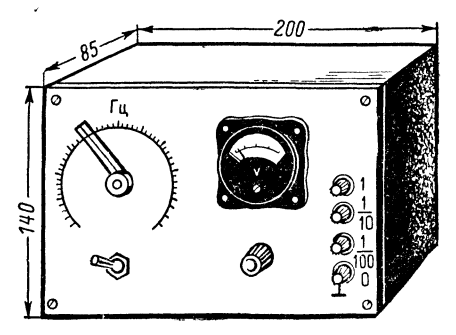


Рис. 253. Звуковой генератор.

Но до окончательной сборки генератора монтаж его надо тщательно проверить и сверить с принципиальной схемой. Если включить питание, а к выходным зажимам подключить головные телефоны, то при вращении ручки резисторов R_2 и R_3 ты услышишь в них звук, плавно изменяющийся от низкого до высокого тона.

Для градуировки шкалы прибора потребуются генератор типа ЗГ-10 или ЗГ-11 и осциллограф. На зажимы «Y» (вертикального отклонения луча) осциллографа

подается напряжение от самодельного генератора, а на зажимы «Х» (горизонтального отклонения луча) — напряжение от заводского звукового генератора. Равенство частот генераторов определяется по так называемым фигурам Лиссажу — кривым линиям, создающимся на экране осциллографа.

Отградуированная шкала самодельного прибора будет исходным показателем генерируемых им звуковых колебаний.

Лампово-транзисторный вольтметр

И еще один измерительный прибор полезно иметь в твоей лаборатории — вольтметр, которым бы можно было измерять напряжения непосредственно на электродах транзисторов и радиоламп, не влияя при этом на режимы их работы. Производить такие измерения можно только вольтметром, имеющим входное сопротивление не менее нескольких мегом. Вот такой прибор я и рекомендую тебе иметь в своей лаборатории.

Принципиальная схема вольтметра показана на рис. 254. Он позволяет измерять постоянные и переменные напряжения в пределах 0—0,5 *в*, 0—1 *в*, 0—5 *в*, 0—10 *в*, 0—50 *в*, 0—100 *в* и 0—500 *в*. Входное сопротивление вольтметра около 10 *Мом*. При измерении переменных напряжений на вход вольтметра подключается выносной детектор (рис. 256), преобразующий переменное напряжение в постоянное.

Рис. 254. Принципиальная схема лампово-транзисторного вольтметра.

Для питания прибора нужны два источника тока: напряжением 9 *в* для питания анодной цепи лампы и транзистора и напряжением 1,5 *в* для питания нити накала лампы.

Измеряемое напряжение подается на входные гнезда прибора. Резисторы R_1—R_8 образуют делитель, сопротивления которого рассчитаны так, что при любых измерениях на управляющую сетку лампы $Л_1$ типа 2П2П, включенную триодом (анод и экранирующая сетка соединены вместе и образуют один электрод — анод), подается (через переключатель пределов измерений $П_1$ и резистор R_9) не более 0,25 *в* постоянного напряжения.

Анодной нагрузкой лампы, усиливающей это напряжение, служит транзистор T_1, ток через который зависит от входного напряжения прибора.

Основной измерительной системой вольтметра служит измерительный мост, одним плечом которого является транзистор. Три других плеча моста образуют постоянные резисторы R_{10}, R_{11} и переменный резистор R_{12}. В диагональ моста включен микроамперметр. Балансировка моста — установка стрелки измерительного прибора на «нуль» перед измерениями — осуществляется резистором R_{12}.

Новая для тебя деталь этого прибора — стабилитрон $Д_1$, обозначаемый на схемах так же, как диод, но в кружке и с Г-образным значком рядом. Это тоже полупроводниковый диод, но обладающий свойством стабилизировать напряжение в том участке цепей, в который он включен. В данном случае он поддерживает напряжение питания анодной цепи лампы и транзистора на уровне 8,2 *в*, что обеспечивает стабильность работы вольтметра в целом.

Для облегчения условий работы и продления срока службы лампы на ее нить накала, к тому же только на половину, подается пониженное до 0,8 *в* напряжение. Избыточное напряжение источника питания этой цепи гасится проволочным резистором R_{14}. При этом ток накала не превышает 25 *ма*.

Какова роль кнопки $Кн_1$, нормально разомкнутые контакты которой подключены параллельно микроамперметру? Для защиты прибора от перегрузки. Дело в том, что для прогрева нити накала лампы, а значит, и для установления ее анодного тока и тока транзистора нужно некоторое время, определяемое долями секунды. В это время мост не сбалансирован и через микроамперметр может течь опасный для него ток. Чтобы предупредить этот «бросок» тока через прибор, в момент включения питания кнопку надо нажать, закорачивая таким образом прибор, а через секунду отпустить. Измерения же следует производить спустя 10—15 *мин*, когда стабилизируются токи в цепях вольтметра.

Для вольтметра надо подобрать транзистор с коэффициентом усиления $B_{ст}$ не менее 80 и обратным током коллектора $I_{к0}$ не более 1—2 *мка*. Вместо транзистора типа П416 можно использовать транзисторы типов П401—П403 или П420—П423, но лучше — кремниевый транзистор, например, типа П116. Микроамперметр на ток 300—500 *мка*, желательно типа М24. Кнопка $Кн_1$, блокирующая микроамперметр, любого типа, с возвратом при отпускании. Вместо кнопки можно также пользоваться проволочной перемычкой, закорачивающей прибор. Сопротивления резисторов R_2—R_8 делителя измеряемого напряжения не должны отличаться от указанных на схеме больше чем на 2—3%.

Внешний вид и размеры вольтметра зависят от используемого в нем микроамперметра. Если у тебя будет микроамперметр типа М24, то конструкция вольтметра может быть такой, как показанная на рис. 255.

Передняя панель этого прибора, размеры которой 170 × 200 *мм*, выпилена из листового винипласта толщиной 3 *мм*. На ней, кроме микроамперметра, находятся одноплатный переключатель пределов измерений ($П_1$), переменный резистор балансировки моста (R_{12}), выключатели питания ($Вк_1$ и $Вк_2$), кнопка и входные гнезда прибора. В качестве выключателей питания использован двухпозиционный тумблер типа ТПТ-2. Резисторы делителя входного напряжения (R_1—R_8) и конденсатор C_1 смонтированы непосредственно на плате переключателя. Лампа, транзистор и другие детали вольтметра смонтированы на гетинаксовой плате размерами 80 × 100 *мм*, и установлена она непосредственно на зажимах микроамперметра. Источниками питания служат аккумуляторная батарея 7Д-0,1 (можно две батареи КБС-Л-0,50) и элемент «373».

Главное при сборке вольтметра — точное выполнение монтажа по принципиальной схеме, надежность всех контактов и прочность конструкции. Если эти условия выполнишь — все налаживание сведется в основном только к подбору номиналов некоторых резисторов.

Включи питание (не забудь закоротить микроамперметр!). Минут через пять—восемь переменным резистором сбалансируй мост. Если во время изменения его сопротивления стрелка прибора, отклонившись вправо, возвращается к «нулевому» делению шкалы, но не доходит до него, в этом случае придется последовательно с этим резистором включить дополнительный резистор сопротивлением 1—2 *ком*.

Переключатель установи в положение предела измерений 0—0,5 *в*, снова сбалансируй мост и подай на вход вольтметра точно 0,5 *в* постоянного напряжения (например, от батареи КБС-Л-0,50 через делитель напряжения — как в схеме на рис. 245), контролируя его по образцовому вольтметру. После этого, подбирая номинал резистора R_1, добейся, чтобы стрелка микроамперметра при таком входном напряжении отклонялась точно до последнего деления шкалы. Если стрелка не доходит до конца шкалы, сопротивление этого резистора должно быть меньше, а если стрелка «зашкаливает», то больше

Запомни: замену деталей и изменения в монтаже делай только при выключенном питании. Иначе можешь повредить микроамперметр. А вновь включая питание, не забывай закорачивать прибор.

Подобрав резистор R_1, переключатель установи в положение предела измерений 0—1 *в*, вновь сбалансируй мост и подай на вход вольтметра постоянное напряжение 1 *в*. Если номиналы резисторов R_2—R_8 делителя подобраны правильно,

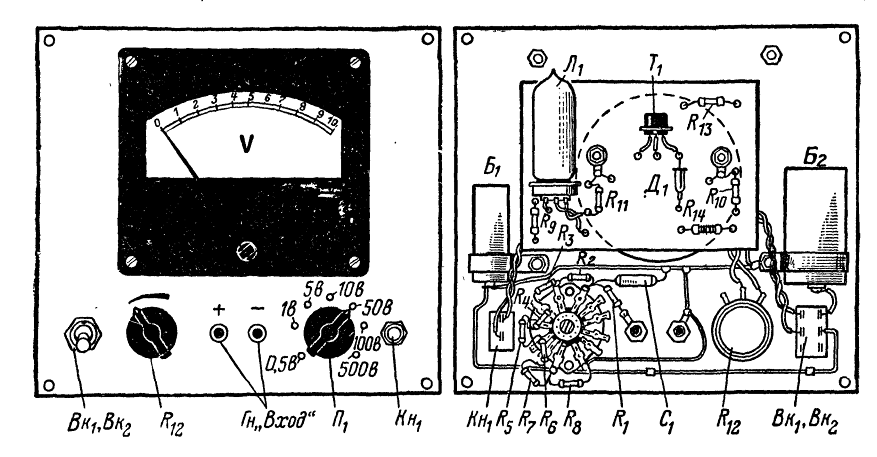


Рис. 255. Конструкция лампово-транзисторного вольтметра.

то и стрелка прибора отклонится на всю шкалу, что будет соответствовать входному напряжению 1 *в*. Аналогично должно быть и на других пределах измерений при соответствующих им наибольших напряжениях. Если все будет именно так, то на этом налаживание вольтметра заканчивается и его можно заключить в футляр, сделанный из толстой фанеры, дощечек или из листового алюминия.

Но может случиться, что в твоем хозяйстве не найдутся для делителя входного напряжения резисторы столь точных сопротивлений и делитель будет составлен из резисторов с отклонением от номиналов до 5—10%. Тогда градуировка всех пределов измерений, кроме первого, устанавливаемого резистором R_1, может оказаться нарушенной. В этом случае придется дополнительно подгонять под шкалу сопротивления делителя, начиная с резистора R_8.

Делай это так. Подай на вход вольтметра постоянное напряжение предела измерений 0—500 *в* и, заменяя резистор R_8 или подключая к нему другие резисторы, добейся совпадения показания стрелки прибора с входным напряжением. Затем, установив переключатель на предел измерений 0—100 *в* и подав на вход вольтметра напряжение этого предела, подгоняй показание прибора под это напряжение резистором R_7. Другие резисторы делителя при этом не трогай. После этого переключи вольтметр на предел измерений 0—50 *в* и, подав на его вход соответствующее напряжение, подгоняй сопротивление только резистора R_6. Точно так же подгоняй последовательно резистор R_5 для предела измерений 0—10 *в*, затем резистор R_4 для предела 0—5 *в* и т. д. до резистора R_2. Но, повторяю, подгоняя сопротивление резистора применительно к последующему пределу измере-

ний, уже подобранные резисторы не трогай, иначе собьешь всю градуировку шкалы прибора.

Таким же способом можно подогнать сопротивление делителя и в том случае, если вольтметр должен иметь другие пределы измерений.

Теперь о выносном детекторе, схема которого показана на рис. 256. С помощью его измеряемое переменное напряжение, в том числе и звуковой частоты, выпрямляется точечным диодом $Д_1$ и через резистор R_1 подается на вход вольтметра — прибор показывает эффективное значение измеряемого напряжения.

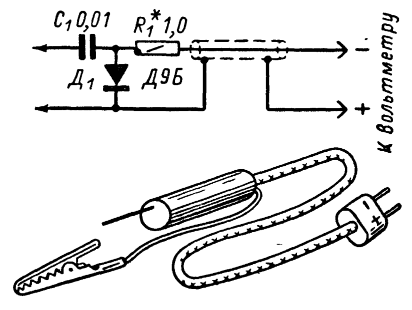


Рис. 256. Выносной детектор.

Для соединения детектора с входными гнездами вольтметра используй отрезок коаксиального кабеля (используют для вводов телевизионных антенн в помещения) длиной 50—60 *см*, подключив к нему двухполюсную вилку. Металлическую оплетку кабеля используй в качестве нижнего (по схеме) проводника, который должен подключаться к гнезду «+» вольтметра. Детали детектора смонтируй на гетинаксовой пластинке. Корпусом может быть отрезок эбонитовой трубки диаметром 18—20 и длиной 70—80 *мм*. Внутрь корпуса вставь экран из фольги или жести, а в экран — смонтированные детали. Входной проводник детектора, идущий к конденсатору, сделай в виде щупа, а к концу «заземленного» проводника припаяй зажим типа «крокодил».

Налаживание выносного детектора заключается только в подборе сопротивления резистора. Подай на вход детектора переменное напряжение 0,5, 1 или 5 *в*, предварительно установив переключатель вольтметра на соответствующий предел измерений, и, изменяя сопротивление резистора, добейся отклонения стрелки прибора до последнего деления шкалы. Входное переменное напряжение контролируй по образцовому вольтметру переменного напряжения. После подгонки резистора на одном из пределов измерений, показания прибора будут верны и для других пределов измерений.

* * *

Ну вот, и эта беседа затянулась. А ведь можно было бы поговорить еще о некоторых других приборах. Например, о генераторе стандарт-сигналов, имитирующем сигналы радиостанций. Но, полагаем, пока ты вполне обойдешься описанными здесь приборами, а в дальнейшем можно будет пополнить лабораторию дополнительной измерительной аппаратурой.

Все ли пробники и приборы, о которых был разговор в этой беседе, надо строить? В принципе необязательно. Но желательно, хотя бы для практики. К числу необязательных можно отнести, например, простейший генератор сигналов (рис. 228), если первым будет смонтирован измеритель *RCL*. Для этого в измерителе надо лишь сделать вывод от ползунка реохорда, и этот прибор заменит простейший генератор сигналов. Заменить его может и звуковой генератор. Но это не значит, что простейший генератор сигналов окажется никчемной вещью, — он хорош как малогабаритный и экономичный пробник.

Более определенно можно сказать, что вместо миллиамперметра, вольтметра и омметра целесообразнее сконструировать один универсальный измерительный прибор — авометр. Зачем же тогда я так подробно говорил тебе об этих приборах? Чтобы помочь тебе разобраться в их устройстве и работе. Без этого трудно сразу браться за конструирование авометра. И не только авометра, но и других неменьшей сложности измерительных приборов, которыми ты будешь обогащать свою лабораторию.

○

Транзисторные приемники прямого усиления

Эта беседа — продолжение разговора о транзисторных приемниках.

Основу приемников прямого усиления как транзисторных, так и ламповых составляют детекторный и усилительные каскады, различное сочетание которых позволяет создавать разные по сложности приемники: 0-V-1, 1-V-1, 1-V-2 и т. д. Но конструируя транзисторные приемники, ты должен помнить об индивидуальном подходе к каждому транзистору. Если в ламповом приемнике любая из его ламп без каких-либо дополнительных хлопот может быть заменена другой такой же лампой, то замена транзистора связана еще либо с подбором транзистора с точно такими же данными, либо с подгонкой режима его работы. Объясняется это некоторым разбросом параметров однотипных транзисторов, что связано со сложностью технологии их производства. В связи с этим возьми за правило: прежде чем вмонтировать транзистор в приемник, проверь его параметры с помощью прибора, о котором я рассказал тебе в предыдущей беседе.

Наиболее простые

Вспомни двенадцатую беседу. Тогда я советовал тебе поэкспериментировать с усилителем на транзисторе, подключая его к детекторному приемнику. А в следующей, тринадцатой беседе, как бы обобщив твои опыты, графически изобразил получившийся приемник. Это был самый простой транзисторный приемник — детекторный с однокаскадным усилителем низкой частоты (рис. 216). Схема этого приемника 0-V-1.

Возможно, ты собрал такой приемник на макетной панели. Работа приемника порадовала тебя и в то же время немного огорчила — мала чувствительность. Добавить бы еще один каскад!

Ну, что ж, пристрой к нему еще один каскад усиления низкой частоты, например так, как на схеме рис. 257. Что получится? Низкочастотный сигнал, усиленный первым транзистором (T_1), с нагрузочного резистора R_3, включенного в коллекторную цепь вместо телефонов, через конденсатор C_5 поступит ко второму транзистору (T_2) и дополнительно усилится им. Резисторы R_2 и R_4, сопротивления которых подбирают применительно к используемым транзисторам, определяют режим работы их.

Чувствительность приемника возросла. Теперь, возможно, хорошо зазвучит и громкоговоритель, тем более если в приемнике будут использованы транзисторы с коэффициентом усиления $B_{\text{ст}}$ порядка 60—80 и радиостанция находится на расстоянии не более 100—150 *км*.

А если хорошей громкости не будет? Можно добавить еще один усилительный каскад — третий (рис. 258). Теперь бывший выходной каскад приемника станет вторым каскадом предварительного усиления низкой частоты, а третий каскад — выходным. Добавилось всего четыре детали: резистор R_5 (вместо громкоговорителя), конденсатор C_6 (под № 6 был конденсатор, блокирующий громкоговоритель), резистор смещения R_6 и транзистор T_3, а громкость приема заметно увеличилась. Это уже неплохо для простого транзисторного приемника.

А если добавить еще один каскад усиления низкой частоты? В принципе можно, но в данном случае это не целесообразно: приемник 0-V-4 будет склонен к самовозбуждению по низкой частоте, придется включать ячейки развязывающих

фильтров, а, может быть, и «облегчать» режимы работы транзисторов. Все это усложнит и конструкцию, и наладку приемника, а выигрыш в усилении получится незначительным. Целесообразно другое — добавить каскад усиления высокой частоты. Но об этом я расскажу немного позже. Сейчас же коснемся иного вопроса: нельзя ли этот приемник с трехкаскадным усилителем упростить, не ухудшая резко качества его работы?

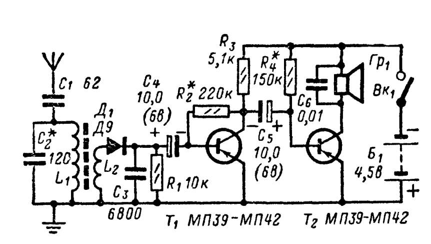


Рис. 257. Схема детекторного приемника с двухкаскадным транзисторным усилителем низкой частоты.

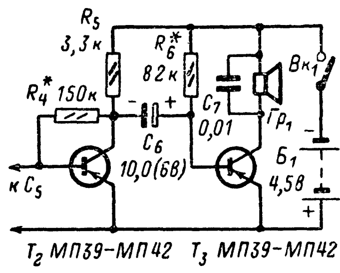


Рис. 258. Схема второго и третьего каскадов усилителя приемника.

Упростить можно, например, исключив из приемника диод $Д_1$, конденсаторы C_3 и C_4, резистор R_1, а катушку связи L_2 соединить через разделительный конденсатор с базой первого транзистора (как в схеме на рис. 217), заставив транзистор выполнять роль детектора и первого каскада усиления низкой частоты. Проверь на практике, что получится. Небольшой проигрыш в усилении будет, но, возможно, не столь заметным, а приемник значительно упростится.

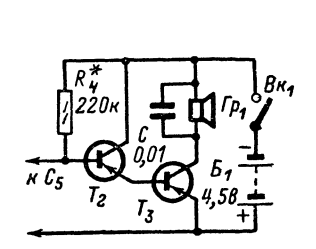


Рис. 259. Последовательное включение транзисторов усилителя низкой частоты.

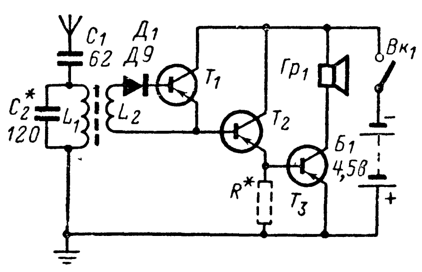


Рис. 260. Схема приемника с последовательным включением транзисторов каскадов усиления низкой частоты.

Попробуй включить транзисторы второго и третьего каскадов так, как показано на схеме рис. 259. Здесь коллектор транзистора T_2 соединен непосредственно с минусом источника питания, а его эмиттер — с базой выходного транзистора T_3. В этом случае эмиттерный переход выходного транзистора T_3 превращается в эмиттерную нагрузку транзистора T_2, включенного теперь как эмиттерный повторитель (по схеме общего коллектора). Режим работы выходного транзистора устанавливается за счет падения напряжения постоянной составляющей в его цепи база — эмиттер. Приемник станет проще. Исчезнут три детали (R_5, C_6 и R_6), а качество работы приемника почти не пострадает, если, разумеется, тщательно подобрать сопротивление резистора R_4.

Но, пожалуй, наиболее простой вариант этого приемника получится, если таким же способом соединить все три транзистора усилителя Схему такого варианта приемника ты видишь на рис. 260 В нем эмиттерный переход выходного транзистора служит эмиттерной нагрузкой второго транзистора, который в свою очередь является эмиттерной нагрузкой первого транзистора.

В приемнике остались только самые необходимые детали, без которых он вообще может утратить работоспособность либо трудно будет настроить его на волну радиостанции. Без антенного конденсатора C_1, например, контур потеряет «остроту» настройки из-за влияния емкости антенного устройства. Без конденсатора C_2, емкость которого подбирают опытным путем, сложнее, чем с ним, настраивать контур.

Катушка связи L_2 нужна для лучшего согласования сопротивлений контура и входа усилителя. Точечный детектор $Д_1$ тоже можно было бы исключить, превратив первый транзистор в детектор, но это может ухудшить усиление.

Усилитель приемника не требует налаживания. Единственное, что, возможно, придется сделать, — это включить параллельно входу оконечного транзистора резистор, показанный на схеме штриховыми линиями. Его сопротивление небольшое, всего 100—510 *ом*. Подбирают его по наибольшей громкости принимаемого

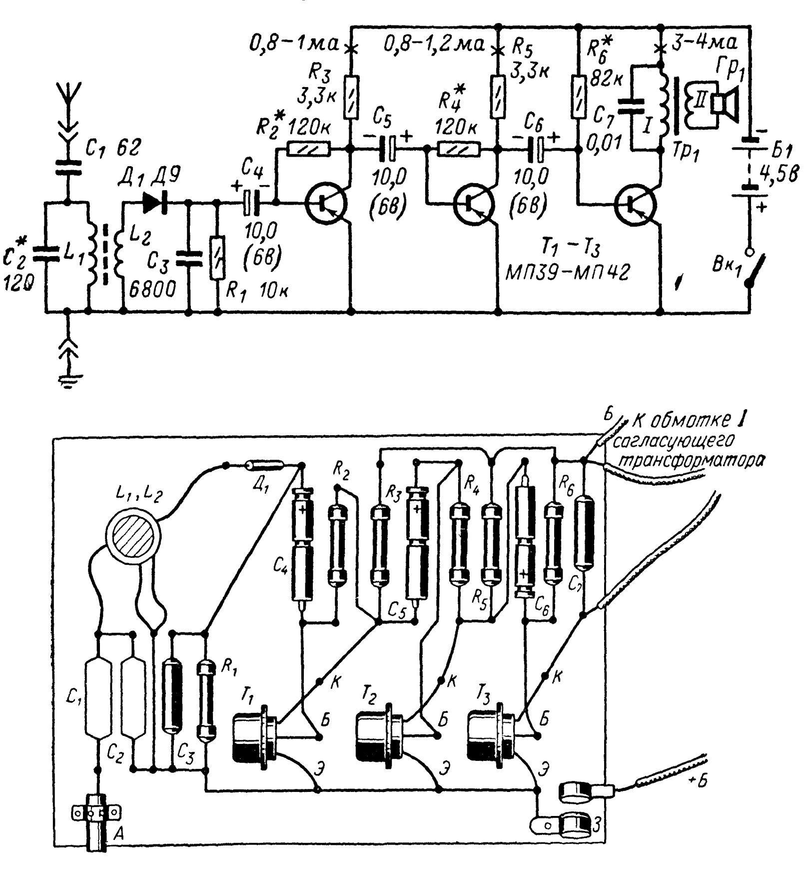


Рис. 261. Принципиальная схема и монтажная плата громкоговорящей радиоточки.

сигнала. Если же выходной транзистор будет с малым коэффициентом усиления, этого резистора вообще может не быть.

Ты можешь спросить: какой вариант приемника с трехкаскадным усилителем все же лучше? А ты испытай все три варианта, собирая их на макетной панели. Сам тогда и ответишь на этот вопрос.

Преимущество, видимо, останется за первым вариантом (объединенные схемы на рис. 257 и 258), так как в этом случае режим транзисторов можно подбирать применительно к каждому из них, что благоприятно скажется на их работе и приемнике в целом.

Вот и смастери такой приемник. Поскольку приемник стационарный и для него нужны наружная или хорошая комнатная антенна и заземление, его размеры значения не имеют. Для приемника можно использовать трансляционный громкоговоритель с его согласующим трансформатором и футляром. Приемник можно смонтировать прямо на панели детекторного приемника, используя тот же контур, или в виде самостоятельной конструкции. Приемник, к тому же, может быть с плавной настройкой, двухдиапазонным. Вариантов много, а какой из них выбрать, решай сам.

В качестве примера на рис. 261 показываем полную принципиальную схему и монтажную плату одного из возможных вариантов такого приемника. Он рассчитан на прием программ одной местной или мощной отдаленной радиостанции. Предполагается, что для приемника будет использован трансляционный громкоговоритель с его согласующим трансформатором. Получится громкоговорящая радиоточка по схеме 0-V-3. Согласующий трансформатор громкоговорителя будет выполнять роль выходного трансформатора приемника.

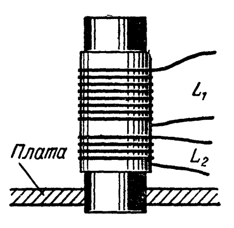


Рис. 262. Катушки приемника.

Детали приемника можно смонтировать на плате размерами примерно 70×90 *мм*. Опорными точками служат проволочные стойки или пустотелые заклепки. Электролитические конденсаторы C_4, C_5 и C_6 типа ЭМ или К50-3, остальные конденсаторы и резисторы любого типа. Проводники $+Б$ и $-Б$ идут к батареи типа КБС-Л-0,50 или составленной из трех последовательно соединенных элементов типа 373 или 343.

Катушку L_1 входного контура намотай на бумажной гильзе, которую бы с небольшим трением можно было перемещать по отрезку ферритового стержня диаметром 8 и длиной 25—30 *мм*, а рядом с ней — катушку связи L_2 (рис. 262). Для приема станции средневолнового диапазона катушка L_1 может иметь 60—80 витков, для станции длинноволнового диапазона — 200—250 витков провода ПЭВ 0,12—0,2. Катушка связи должна содержать примерно $^1/_3$ — $^1/_4$ часть витков катушки входного контура.

Катушку входного контура можно также намотать на малогабаритном каркасе с ферритовыми кольцами (рис. 160) или на картонной гильзе от патрона охотничьего ружья (рис. 158). Данные таких катушек тебе известны по девятой беседе.

Монтажную плату крепи в футляре трансляционного громкоговорителя в любом положении. Батарея может быть под платой или рядом с ней.

Обращаю внимание на конструкцию гнезда для подключения заземления. Это гнездо состоит из двух колец или коротких металлических трубочек, прикрепленных к плате. Когда в них плотно вставляется контактная вилка провода заземления, они закорачиваются — включается питание приемника.

Что надо учесть при монтаже приемника? В первый каскад усилителя надо ставить тот из транзисторов, который имеет наибольший коэффициент усиления, а в выходной — с наименьшим коэффициентом усиления. Если, например, коэффициент $B_{\text{ст}}$ одного транзистора будет 20, второго — 80, а третьего — 60, то первый из них должен работать в третьем, второй — в первом, а третий — во втором каскадах. Подбирая сопротивления резисторов смещения (об этом я говорил в двенадцатой беседе), попробуй изменять и нагрузочные резисторы (в пределах

от 3 до 10 *ком*), добиваясь наибольшей громкости, сохраняя при этом токи покоя коллекторных цепей, указанные на схеме. Контурный конденсатор C_2, которым осуществляется грубая настройка приемника на волну местной радиовещательной станции (а точная — подбором числа витков катушки L_1 и перемещением по ферритовому стержню), можно заменить подстроечным типа КПК-2. Он не только облегчит настройку контура, но, возможно, позволит, пользуясь им, как конденсатором переменной емкости, настраивать приемник на одну-две радиостанции.

Если по каким-то причинам приемник сразу не станет работать, то прежде всего измерь коллекторные токи транзисторов и испытывай его по частям, пользуясь пробником (см. предыдущую беседу): сначала проверь входную часть, как у детекторного приемника, а потом усилитель. Конечно, все это надо делать на макетной панели, а затем начисто собрать приемник на монтажной плате, предварительно составив монтажную схему с учетом размеров деталей.

Можно ли этот или более простой, например с двумя низкочастотными каскадами, приемник сделать походным? Можно. Но пользоваться им придется только на привалах. Антенной будет служить кусок изолированного провода длиной 8—10 *м*, подвешенный одним концом за сучок высокого дерева, а заземлением — металлический штырь, воткнутый поглубже в землю. Без приличной антенны и заземления такой приемник будет работать слабо — чувствительность мала. Чтобы повысить чувствительность, к нему надо добавить усилитель высокой частоты.

Усилитель высокой частоты и магнитная антенна

Транзисторный приемник может иметь до детектора 1—2 каскада усиления высокой частоты и, кроме того, в н у т р е н н ю ю м а г н и т н у ю а н т е н н у. Схема и сущность действия каскада усиления высокой частоты аналогичны схеме и работе низкочастотного каскада. Разница лишь в нагрузках коллекторной цепи, где получается усиленный транзистором сигнал (рис. 263). Этой нагрузкой, как и в каскаде усиления низкой частоты, может быть резистор $R_н$ (схема на рис. 263, *а*) сопротивлением 3,3—6,8 *ком*. Усиленный сигнал, создающийся на нем, через разделительный конденсатор $C_{раз}$ поступает на вход второго каскада усиления высокой частоты или к детектору.

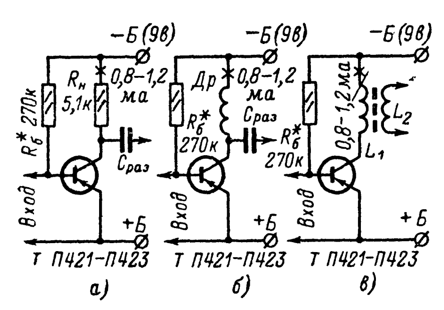


Рис. 263. Схемы усилителя высокой частоты на транзисторах *р-п-р*-типа.

Лучше, однако, если коллекторной нагрузкой транзистора будет высокочастотный дроссель *Др* (схема на рис. 263, *б*), а еще лучше — высокочастотный трансформатор (схема на рис. 263, *в*). Преимущество трансформатора заключается в том, что, подбирая его коэффициент трансформации, можно наилучшим образом передать высокочастотную энергию из коллекторной цепи транзистора-усилителя во входную цепь транзистора второго каскада или детектора, согласовать сопротивления этих цепей. На базу транзистора во всех случаях вместе с усиливаемым сигналом подается отрицательное (относительно эмиттера) напряжение смещения, порядка 0,1—0,2 *в*, открывающее транзистор. Без смещения или при чрезмерно большом смещении усилитель работает с искажениями. Способы подачи смещения и термостабилизации рабочей точки транзистора такие же, как и в низкочастотных каскадах.

Наиболее распространенная схема каскада усиления высокой частоты с термостабилизацией режима работы транзистора и входными цепями приемника приведена на рис. 264. Входной (антенный) контур, определяющий настройку приемника, образует катушка $L_к$, находящаяся на ферритовом стержне, и конденсатор $C_к$. Ферритовый стержень с контурной катушкой, взятые вместе, и являются маг-

нитной антенной *МА* — антенной, в которой модулированные колебания высокой частоты возбуждают магнитные поля радиоволн. Катушка $L_{св}$, находящаяся на ферритовом стержне магнитной антенны, связывает антенный контур с усилителем, поэтому ее называют катушкой связи.

Обе катушки обычно наматывают на бумажных гильзах, которые можно перемещать вдоль стержня, что позволяет подобрать опытным путем наивыгоднейшую связь между ними и несколько смещать границы диапазона волн, перекрываемого контуром $L_к C_к$.

Нагрузкой коллекторной цепи служит катушка $L_н$ высокочастотного трансформатора. Колебания высокой частоты, создающиеся в этой катушке, через катушку $L_{св}'$ подаются ко второму высокочастотному каскаду или детектору. Катушка $L_{св}'$ индуктивно связывает этот каскад со вторым каскадом усиления высокой частоты или с детектором, поэтому ее, как и катушку $L_{св}$, именуют катушкой связи.

Высокочастотный трансформатор с целью уменьшения габаритов наматывают на высокочастотном магнитном сердечнике, обычно на ферритовом кольце, или обе его катушки, намотанные на гильзе, помещают в горшковидном сердечнике. Но, как мы уже говорили, нагрузкой транзистора может быть также резистор сопротивлением 3,3—10 *ком* или высокочастотный дроссель (см. схемы на рис. 263, *а* и *б*). В этом случае связь между каскадами осуществляется с помощью конденсатора емкостью не менее 5—10 тыс. *пф*, который одновременно выполняет роль разделительного конденсатора.

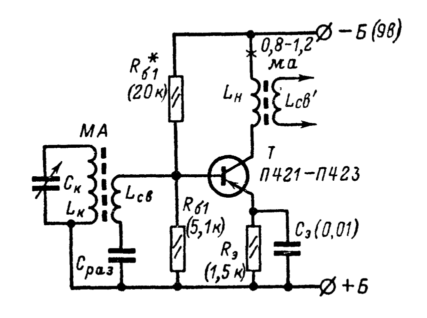


Рис. 264. Схема каскада усиления высокой частоты с магнитной антенной.

В таком каскаде стабилизация режима работы транзистора осуществляется с помощью делителя $R_{б1}R_{б2}$ и эмиттерного резистора $R_э$, — точно так же, как в каскадах усиления низкой частоты с такой же системой термостабилизации рабочей точки транзистора (см. рис. 198, *б*). Но если не требуется такая термостабилизация, напряжение смещения на его базу может подаваться с помощью одного резистора, включаемого между базой и минусом источника питания (рис. 197) или между базой и коллектором транзистора (рис. 198, *б*). В любом случае отрицательное напряжение смещения на базе высокочастотного транзистора относительно эмиттера должно быть 0,1—0,2 *в*, а ток покоя коллектора в пределах 0,8—1,2 *ма*.

Конденсатор $C_{раз}$, включенный последовательно с катушкой связи $L_{св}$, — разделительный. Его задача — свободно пропускать в цепь базы транзистора колебания высокой частоты и в то же время не пропускать постоянный ток. Этим требованиям может отвечать конденсатор емкостью 5—10 тыс. *пф*. Без такого конденсатора батарея, питающая приемник, оказалась бы замкнутой через резистор $R_{б1}$ делителя напряжения и катушку связи $L_{св}$. Этот конденсатор может быть включен между катушкой связи и базой транзистора.

В каскадах усиления высокой частоты используют транзисторы типов П401—П403, П421—П423 и подобные им маломощные высокочастотные транзисторы.

Вот, собственно, то главное, что можно вкратце рассказать о схеме, работе и назначении деталей каскада усиления высокой частоты. Если такой каскад соединить с уже знакомым тебе детекторным приемником с двумя или тремя каскадами низкой частоты, получится приемник 1-V-2 или 1-V-3. А если высокочастотный усилитель будет двухкаскадным, то приемник станет соответственно 2-V-2 или 2-V-3.

О некоторых деталях транзисторного приемника

Малые габариты и автономное питание — самые, пожалуй, привлекательные стороны транзисторных приемников. И ты, видимо, пожелаешь сделать приемник, который можно было бы взять в туристский поход, на прогулку в лес, на рыбалку, в пионерский лагерь.

Но изготовление малогабаритных приемников требует особой усидчивости, аккуратности, ювелирности работы. Да, именно ювелирности. Ведь дело приходится иметь с миниатюрными деталями, пользуясь даже пинцетом, а иногда еще и лупой. Даже жало паяльника приходится затачивать, как карандаш, чтобы удобнее добраться им к местам пайки, не повредив соседние спайки или детали. Многие детали, подчас тоже миниатюрные, приходится делать самому, не рассчитывая на готовые.

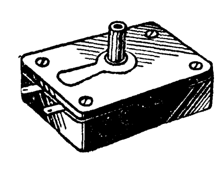


Рис. 265. Малогабаритный конденсатор переменной емкости.

Конденсатор переменной емкости. Для настройки транзисторного приемника прямого усиления, в котором, как правило, всего один настраиваемый контур — контур магнитной антенны, желательно использовать малогабаритный конденсатор переменной емкости. Один из таких конденсаторов, выпускаемых нашей промышленностью специально для транзисторных приемников, показан на рис. 265. Его наружные размеры 25×20×10 *мм*, начальная (минимальная) емкость 5 *пф*, конечная (максимальная) — 350 *пф*.

Но радиолюбители вместо конденсаторов переменной емкости часто используют керамические подстроечные конденсаторы КПК-2 с начальной емкостью 10—25 и конечной 100—150 *пф*. Из конденсаторов КПК-2 предпочтение следует отдать конденсатору с начальной емкостью 10 и конечной 100 *пф*, так как он перекрывает несколько бо̀льший диапазон волн, чем такой же конденсатор, но с емкостью 25—150 *пф*. А для удобства пользования им как органом настройки на его подвижный диск — ротор — насаживают и приклеивают кольцо с зубчиками по наружной окружности (рис. 266).

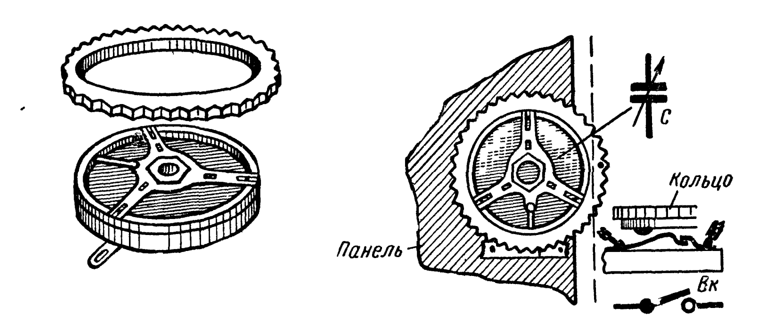


Рис. 266. Конденсатор типа КПК-2 в роли конденсатора настройки и выключателя.

Кольцо можно выпилить лобзиком из пластинки органического стекла или текстолита толщиной 2,5—3 *мм*, зубчики нарезать слесарной пилой или напильником. Приклеить кольцо к ротору конденсатора можно клеем БФ-2.

Конденсатор крепят к плате болтиком или приклеивают к ней клеем БФ-2 с таким расчетом, чтобы зубчатая часть кольца немного, примерно на 3—4 *мм*, выступала наружу из боковой стенки футляра приемника (на рис. 266 справа наружная поверхность стенки футляра показана штриховой линией).

Можно ли для настройки транзисторного приемника использовать конденсатор переменной емкости, предназначенный для лампового приемника? Конечно, можно, в том числе и самодельный, описанный нами в десятой беседе.

Выключатель питания и регулятор громкости — тоже неотъемлемые части транзисторного приемника. Выключателем питания может быть, например, тумблер. А если для настройки приемника использовать конденсатор типа КПК-2, приделав к нему зубчатое кольцо, то под кольцом можно разместить выключатель питания, представляющий собой две фигурные пластинки, одна из которых (на рис. 266 — левая) пружинящая. Если слегка надавить на пружинящую пластинку, то кончик ее, заведенный под вторую пластинку, опустится (питание выключено), а если отпустить ее, то пластинки замкнутся (питание включено). Роль такого замыкателя и размыкателя пластинок выполняет выступ на кольце снизу. Это может быть кусочек органического стекла, приклеенный к кольцу, или маленькая заклепка с круглой головкой, туго вставленная в отверстие в кольце. Пластинки надо подогнать так, чтобы они размыкались только тогда, когда выступ кольца набегает на выпуклую часть пружинящей пластинки. Это положение ротора конденсатора полезно пометить цветной точкой на выступающей из футляра части кольца.

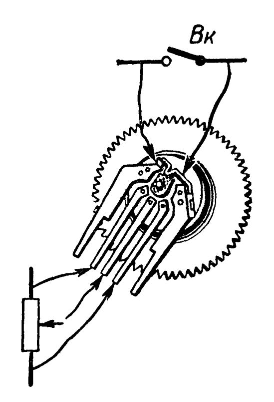


Рис. 267. Малогабаритный переменный резистор типа СП-3 с выключателем питания.

Конструкция выключателя может быть и иной, например, ножевого или рычажкового типа.

В пятой беседе я познакомил тебя с переменным резистором типа ТК, у которого на корпусе имеется выключатель. Такие резисторы обычно ставят в ламповые конструкции, где они выполняют роль регулятора громкости и выключателей питания. Такие резисторы можно, разумеется, использовать и в транзисторных конструкциях, где они будут выполнять те же функции. Но в портативном транзисторном приемнике лучше использовать малогабаритный переменный резистор с выключателем типа СПЗ-3, показанный на рис. 267. Диск диаметром 20 *мм*, насаженный на ось резистора, выполняет роль ручки регулятора громкости. Две крайние пластинки являются выводами контактов выключателя, а три средних — выводами резистора. Выводы выключателя используют и для крепления, обычно путем пайки этой детали на монтажной плате.

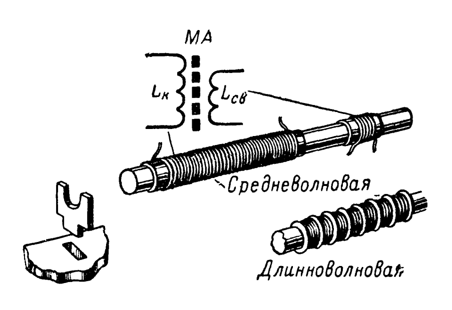


Рис. 268. Магнитная антенна и катушка связи.

Магнитная антенна (рис. 268), являющаяся первичным чувствительным элементом приемника, представляет собой, как мы уже говорили, круглый или плоский ферритовый стержень диаметром 8—10 и длиной 100—120 *мм* с контурной катушкой и катушкой связи на нем. Вообще чем стержень длиннее, тем выше чувствительность приемника.

Для магнитной антенны твоего приемника нужен будет ферритовый стержень марки 600НН или 400НН. Буквы характеризуют материал стержня, а цифры 600 или 400 — магнитную проницаемость стержня. Ферритовые стержни с более высокой магнитной проницаемостью, например 1 000 или 2 000, не годятся — они хуже работают в диапазоне средних волн.

Прежде чем наматывать контурную катушку, надо решить, на какой диапазон радиоволн должна быть рассчитана магнитная антенна приемника. Дело в том, что для приема радиоволн двинноволнового и средневолнового диапазонов при наибольшей емкости конденсатора 100—150 *пф* нужны две катушки, которые включались бы последовательно (длинные волны) или параллельно (средние волны). Потребуется, следовательно, переключатель, который усложнит конструкцию приемника и управление им. Но он все равно будет принимать в основном лишь местные радиостанции и наиболее мощные, находящиеся в радиусе до 200—300 *км*. Вот и получается, что нет смысла идти на усложнение приемника. Пусть он принимает две-три радиостанции, но уверенно и громко. Радиолюбители так именно и поступают — рассчитывают контур магнитной антенны приемника только на радиостанции того диапазона, передачи которых хорошо слышны в тех районах, где они живут. Так, видимо, надо поступить и тебе.

Экспериментируя с простым транзисторным приемником, используя в нем катушки детекторных или ламповых конструкций, ты узнал, сигналы каких радиостанций хорошо слышны в вашей местности. С расчетом на прием этих станций и наматывай контурную катушку магнитной антенны

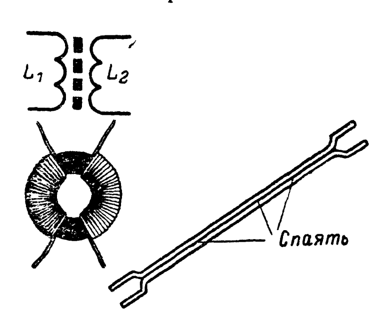


Рис. 269. Высокочастотный трансформатор и челнок для намотки трансформатора.

Контурная катушка, рассчитанная на средневолновый диапазон, должна содержать 80—100 витков, на длинноволновый диапазон — 270—280 витков Если же катушка будет иметь 160—180 витков, приемник станет перекрывать диапазон волн примерно от 450 до 900 *м*, т. е. охватывать конец средневолнового и начало длинноволнового диапазонов. Для средневолновой катушки используй провод ПЭВ или ПЭШО 0,2—0,3, а для длинноволновой катушки или катушки промежуточного диапазона — провода тех же марок, но диаметром 0,15—0,2 *мм*. Провод средневолновой катушки укладывай в один слой, виток к витку. Длинноволновая катушка то же может быть однослойной. Но с целью уменьшения внутренней емкости лучше намотать ее на бумажной секционированной гильзе «внавал», укладывая в каждой секции по одинаковому числу витков.

Катушку связи наматывай тем же проводом, что и контурную, на бумажной гильзе, которая с небольшим трением должна перемещаться вдоль стержня. Она должна иметь 10—15 витков.

Окончательное число витков катушек магнитной антенны подбирают опытным путем при налаживании приемника.

Стержень магнитной антенны можно крепить на плате с помощью стоек, к которым его приклеивают лаком или клеем БФ-2.

Высокочастотный трансформатор и дроссель. Сердечником высокочастотных трансформаторов, с помощью которых связывают индуктивно каскады приемников, служат обычно ферритовые кольца марки 600НН с наружным диаметром 7 — 10 *мм*. Трансформатор может быть повышающим, если высокочастотные колебания с катушки связи (на рис. 264 — $L_{св}'$) подаются к детектору, роль которого выполняет точечный диод, или понижающим, если колебания с катушки связи подаются ко второму каскаду усиления высокой частоты или детекторному каскаду на транзисторе В первом случае коллекторная катушка (на рис. 264—$L_н$) должна содержать 80—100, а катушка связи 220—240 витков, а во втором случае — соответственно 160—180 и 70—80 витков. Для катушек используют провод ПЭЛШО или ПЭВ 0,1—0,12.

Чтобы удобнее наматывать провод на кольцо, сделай челнок (рис. 269) из двух кусков голой медной проволоки толщиной 1—1,5 и длиной 60—70 *мм*. Куски проволоки спаяй в нескольких местах. Весь челнок и особенно концы его вилок

зачисть мелкой наждачной бумагой, чтобы не попортить изоляцию обмоточного провода.

Провод наматывай на челнок такой длины, чтобы его хватило на всю катушку. Среднюю длину одного витка провода ты можешь измерить. Она составляет 10—12 *мм*. Значит, для катушки, содержащей, скажем, 100 витков, на челноке с учетом запаса надо намотать около 1,5 *м* провода.

Пропуская челнок в окно ферритового кольца, витки укладывай плотно и следи, чтобы на проводе не было петель и не портилась его изоляция. Перед намоткой провода углы кольца сгладь надфилем.

Намотать катушки можно и без челнока. В этом случае надо разломить кольцо на две половинки, намотать на каждой из них по катушке, а затем склеить обе половинки клеем БФ-2. Но если нет запасного кольца, то не рискуй разламывать кольцо — оно может разлететься на несколько кусочков.

Дроссели высокой частоты, служащие нагрузками транзисторов каскадов усиления высокой частоты, наматывают на таких же кольцах, как трансформаторы. Но дроссель имеет одну обмотку, содержащую 180—200 витков такого же провода.

Настольный приемник 1-V-3

Прежде чем взяться за малогабаритный приемник, советую проверить свои силы, знания и умение на транзисторном приемнике настольного типа.

Принципиальная схема одного из вариантов такого приемника показана на рис. 270. Это уже знакомый тебе простой приемник с трехкаскадным усилителем низкой частоты, к которому добавлен однокаскадный усилитель высокой частоты. Получился приемник I-V-3 с магнитной антенной. Если к контуру магнитной антенны подключить внешнюю антенну, хотя бы в виде штыря длиной 1,5—2 *м*, чувствительность приемника заметно возрастет.

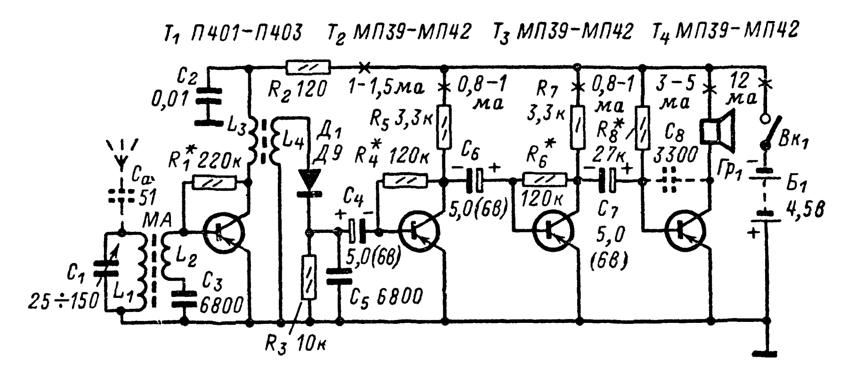


Рис. 270. Принципиальная схема приемника 1-V-3.

По сравнению с простым приемником в низкочастотной части этого приемника изменилось включение конденсатора C_8 (в схеме на рис. 261 он был под номером 7), раньше блокировавшего громкоговоритель. При таком включении его часть низкочастотной энергии из цепи коллектора переходит в цепь базы этого же транзистора, т. е. из выходной цепи обратно на вход каскада. Этот конденсатор образует *цепь отрицательной обратной связи* по переменному току, несколько снижающей усиление каскада на высоких частотах. Чем больше его емкость, тем сильнее отрицательная обратная связь, тем больше ослабляются верхние частоты звуковых колебаний.

Конденсатор C_8 не является обязательным элементом приемника, поэтому он и обозначен штриховыми линиями. Но если потребуется улучшить качество работы усилителя, включи этот конденсатор.

Кроме того, в приемник введена ячейка развязывающего фильтра R_2C_2, предупреждающая самовозбуждение приемника из-за возможных паразитных связей между высокочастотным и низкочастотным усилителями через общие цепи питания. Дело в том, что все каскады приемника питаются от одного общего источника тока — батареи $Б_1$. Во время приема сигналов радиостанции коллекторный ток выходного транзистора значительно увеличивается. К тому же он колеблется со звуковой частотой. В это время с такой же частотой изменяется в небольших пределах и напряжение на полюсах батареи, а значит, и на транзисторе каскадов усиления высокой частоты. В этом случае между выходными и входными цепями приемника через источник питания создается положительная обратная связь и приемник самовозбуждается, что сопровождается свистами, искажающими передачу радиостанции.

Чтобы предотвратить это неприятное явление и включают фильтр. Эта ячейка должна напомнить тебе ячейку сглаживающего фильтра выпрямителя. На резисторе происходит падение напряжения тока, в том числе и колебаний звуковой частоты, создаваемых в общей цепи питания выходным каскадом приемника. Конденсатор ячейки фильтра включен, как и в выпрямителе, параллельно источнику тока. При повышении напряжечия на его обкладках он заряжается больше, а при понижении напряжения в цепи питания он разряжается, поддерживая таким образом постоянство напряжения в тех участках цепи, к которым он подключен. Таким образом ячейка R_2C_2 развязывает, как бы разобщает, усилители низкой и высокой частот по переменному току, что предотвращает самовозбуждение, поэтому ее и называют ячейкой развязывающего фильтра. Эта ячейка не является обязательным элементом. Ты можешь включить ее, если приемник будет самовозбуждаться. Вообще же в приемниках или усилителях может быть по нескольку ячеек развязывающих фильтров, с чем тебе еще придется сталкиваться.

Сопротивление резисторов R_1, R_4, R_6 и R_8 надо подобрать так, чтобы коллекторные токи установились в тех пределах, которые указаны возле меток.

Конструкция и размеры футляра и монтажной платы приемника зависят от имеющихся в наличии деталей и в первую очередь от габаритов громкоговорителя, конденсатора настройки и магнитной антенны. Если будут использованы громкоговоритель, сделанный из капсюля ДЭМШ, и подстроечный конденсатор типа КПК-2, а ферритовый стержень магнитной антенны будет длиной 120—140 *мм*, то приемник вместе с питающей его батареей свободно разместится в футляре размерами примерно 150 × 100 × 50 *мм*. А если размеры футляра увеличить на 20—30 *мм*, в нем поместится даже громкоговоритель трансляционного типа с согласующим трансформатором. Что же касается внешнего оформления приемника, то это уже зависит от твоих вкусов и возможностей.

Посмотри на рис. 271, где показана одна из возможных конструкций такого приемника. Его футляр сделан из фанеры и деревянных брусков. Дно, в котором держатся ножки, — дощатое. Футляр снаружи надо зашпаклевать, зачистить мелкой шкуркой и покрыть лаком или нитроэмалью.

Громкоговоритель укреплен на фанерной дощечке, являющейся лицевой стенкой футляра. В ней выпилено отверстие по диффузору громкоговорителя. С лицевой стороны эта акустическая доска обтянута декоративной тканью или холстиной. Справа — кольцо конденсатора настройки, сверху — гнездо для подключения штыря или комнатной антенны, повышающих чувствительность приемника.

Примерное расположение деталей на монтажной плате, вставленной в футляр, показано на том же рисунке. Плату крепи шурупами к планкам, приклеенным к боковым стенкам изнутри футляра. Самодельный громкоговоритель, используемый в этом приемнике, находится за платой, поэтому он не виден на рисунке. Если громкоговоритель будет электродинамического типа, то подклю-

чать его к выходу приемника можно только через согласующий (выходной) трансформатор.

Продумывая конструкцию футляра, платы и монтажную схему приемника, учти следующее: высокочастотный трансформатор L_3L_4 располагай возможно дальше от магнитной антенны, иначе каскад усиления высокой частоты может самовозбуждаться; стержень магнитной антенны должен находиться в горизон-

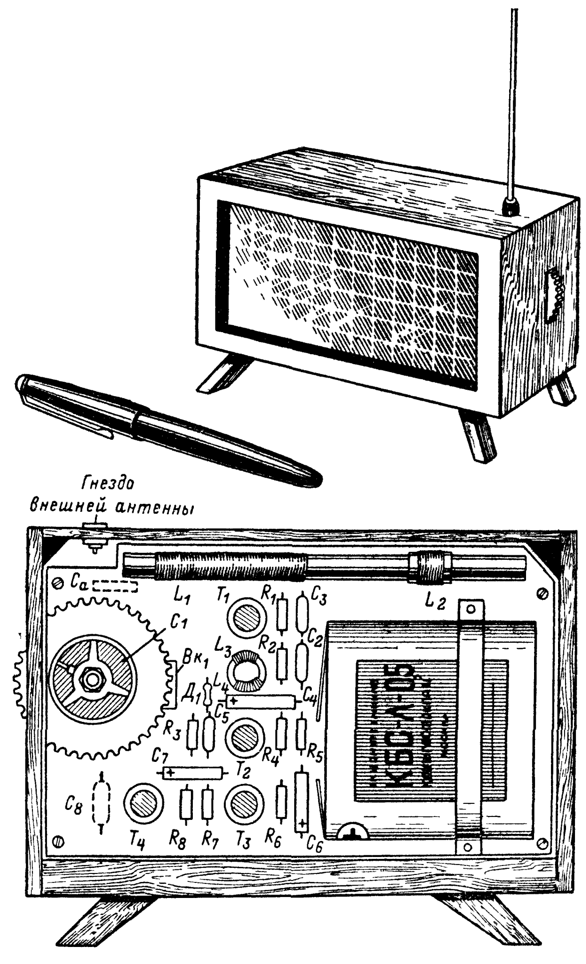


Рис. 271. Приемник 1-V-3.

Вверху — внешний вид, внизу — вид сзади.

тальном положении; кольцо конденсатора настройки делай пошире, учитывая толщину боковой стенки; резисторы и конденсаторы группируй по возможности ближе к тем транзисторам, к которым они относятся.

Для питания приемника, кроме батареи КБС-Л-0,50, можно использовать три-четыре элемента ФБС-0,25 или столько же дисковых аккумуляторов, соединив их последовательно, чтобы батарея давала напряжение 4—5 *в*.

Налаживание приемника сводится в основном к установке режима работы транзисторов, подгонке витков контурной катушки под нужный диапазон волн и выбору наивыгоднейшего расстояния между катушкой связи и контурной. Включая миллиамперметр в коллекторные цепи транзисторов, подбери сопротивления резисторов смещения такими, чтобы коллекторные токи были в тех пределах, которые указаны на схеме.

За настройку высокочастотной части берись после того, как наладишь усилитель низкой частоты. Первым признаком удовлетворительной работы усилителя будет фон в громкоговорителе, когда касаешься вывода базы транзистора его первого каскада. Проверить работу усилителя можно еще с помощью телефона, подключив его параллельно резистору R_3 нагрузки детектора и пользуясь им как микрофоном. Если перед телефоном говорить, поднеся его поближе к губам, в громкоговорителе должен быть слышен звук.

На время налаживания входной части приемника параллельно конденсатору настройки или вместо него подключи переменный конденсатор с наибольшей емкостью 470—500 *пф*. С помощью его ты выяснишь, надо ли увеличивать или уменьшать число витков контурной катушки, чтобы установить диапазон волн, перекрываемый приемником, который тебя устраивает. При этом приемник поворачивай в горизонтальной плоскости — громкость приема будет изменяться. Объясняется это явление тем, что магнитная антенна обладает направленностью. Наибольшая громкость будет в том случае, когда продольная ось сердечника антенны перпендикулярна направлению на принимаемую радиостанцию.

Не забудь о катушке связи. Найди ей такое положение на стержне относительно контурной катушки, чтобы уровень сигнала был максимальным и без искажений. Если при наибольшем отдалении ее от контурной катушки приемник работает с искажениями, значит, надо убавить число ее витков. Каркас катушки связи закрепи на стержне антенны капелькой клея.

Может случиться, что при наибольшем усилении приемник станет самовозбуждаться на высокой частоте — появится свист. В этом случае поменяй местами выводы катушки L_4 высокочастотного трансформатора. А если это не поможет, то зашунтируй катушку L_3 резистором сопротивлением 1—10 *ком*.

Расход электроэнергии. Каков расход энергии батареи на питание этого приемника? Для определения этого надо электрическую емкость батареи разделить на ток, потребляемый приемником. При напряжении батареи около 4,5 *в* средний ток, потребляемый приемником, не превышает 12 *ма* (0,012 *а*). Значит, емкости батареи КБС-Л-0,50 хватит не менее чем на 40 *ч* непрерывной работы приемника. А если для приемника использовать три элемента типа 373, соединив их последовательно? Электроемкости такой батареи хватит почти на 300 *ч* работы приемника.

Теперь, когда ты накопил некоторый опыт в чтении схемы, компоновке деталей, монтаже и налаживании приемника 1-V-3, можно подумать и о несложном походном приемнике.

Походный приемник

Каким должен быть этот походный спутник? Он, во-первых, должен быть надежным в работе и не «капризничать» в пути. Во-вторых, он должен обеспечивать уверенный прием местных радиостанций и достаточно громкий, чтобы не только ты, но и твои товарищи на марше, на привале или, устроившись поудобнее у костра, могли послушать «Пионерскую зорьку», последние известия, музыку, репортаж со стадиона, проверить часы — словом, чувствовать себя, как дома.

Иногда ребята, часто из-за бахвальства, стараются «втиснуть» приемник чуть ли не в спичечный коробок. Получается нечто среднее между игрушкой и приемником. Что толку от него, если радиопередачи приходится слушать, прижав коробочку к уху. Вот и подумай: стоит ли терять время, портить детали и материалы ради такой забавы? Нет, конечно, не стоит. Пусть походный приемник будет побольше, чем карманный, даже потяжелее, но чтобы это была полезная вещь.

Выбор схемы подобного приемника зависит от местных условий радиоприема. Если настольный приемник, который я рекомендовал, хорошо работает в вашей местности без внешней антенны, то этот вопрос решается просто — его схема и станет схемой походного приемника. Если же его чувствительность без внешней антенны окажется недостаточной, придется добавить каскад усиления высокой частоты, т. е. собирать приемник 2-V-3, например, по схеме на рис. 272. Предполагается, что для питания этого приемника будет использована батарея «Крона ВЦ» или аккумуляторная батарея 7Д-0,1.

Что тебе уже знакомо в схеме этого приемника? Прежде всего — усилитель низкой частоты, являющийся точным повторением низкочастотного тракта настольного приемника. Высокочастотный тракт того приемника был однокаскадным, а в этом приемнике он двухкаскадный: высокочастотный сигнал радиостанции, на который настроен резонансный контур L_1C_1 магнитной антенны, усиливается обоими каскадами приемника, в результате чего на детектор поступает более высокое напряжение принятого сигнала. Два каскада усиления высокой

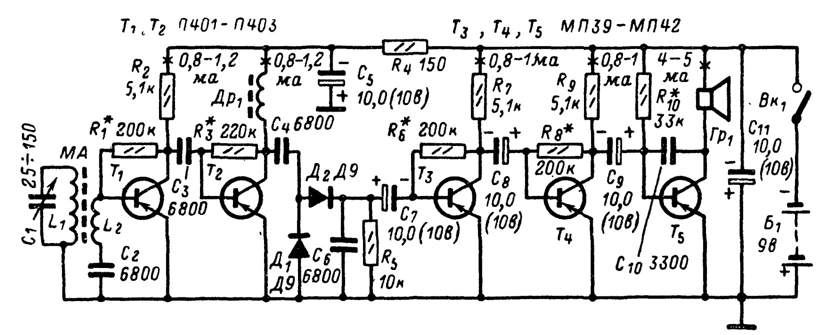


Рис. 272. Принципиальная схема походного приемника.

частоты и три каскада усиления низкой частоты должны обеспечить уверенный прием на громкоговоритель местной радиовещательной станции и наиболее мощных радиостанций, находящихся на расстоянии до 500—600 *км*.

Чем отличается первый высокочастотный каскад этого приемника от такого же каскада настольного приемника. Только тем, что там нагрузкой транзистора служит высокочастотный трансформатор, а здесь — резистор R_2, что сделано в основном для облегчения налаживания приемника. Создающиеся на нагрузочном резисторе R_2 колебания высокой частоты, усиленные первым каскадом, через конденсатор C_3 поступают на второй каскад на транзисторе T_2 и дополнительно усиливаются им. Нагрузкой транзистора этого каскада служит высокочастотный дроссель $Др_1$, колебания с которого через конденсатор C_4 подаются на детектор, преобразуются им в колебания звуковой частоты и усиливаются тремя каскадами усиления низкой частоты.

Резистор R_4 и конденсатор C_5 образуют ячейку развязывающего фильтра, предотвращающего самовозбуждение приемника из-за паразитной связи между усилителями приемника через общий источник питания.

В бо́льшей части предыдущих приемников роль детектора выполнял один точечный диод, а в этом приемнике два диода — $Д_1$ и $Д_2$. При таком включении диодов детектора на его нагрузочном резисторе R_5 создается почти вдвое большее напряжение низкой частоты, чем на нагрузке однодиодного детектора. В связи с этим такие детекторы называют детекторами с удвоением напряжения. Иногда их называют детекторами с закрытым входом по постоянному току, так как конденсатор свободно пропускает через себя к детектору только переменную и совсем не пропускает постоянную составляющую коллекторной цепи транзистора T_2. Если конденсатор окажется с утечкой, то через него и диод $Д_1$, включенный по отношению к полярности батареи в прямом направ-

лении, будет течь постоянный ток значительной величины и детектор будет плохо или совсем не будет детектировать высокочастотный сигнал.

И еще один незнакомый тебе элемент есть в этом приемнике — электролитический конденсатор C_{11}, включенный параллельно источнику питания. Он пропускает через себя переменную составляющую, минуя батарею и таким образом устраняя действие обратной связи. Роль этого конденсатора особо ощутима к концу разряда батареи, когда ее внутреннее сопротивление возрастает, из-за чего между каскадами через общие цепи питания, вследствии чего возможно искажение звука.

О назначении остальных деталей приемника ты уже знаешь. И если для тебя все ясно, то можно приступить к конструированию приемника.

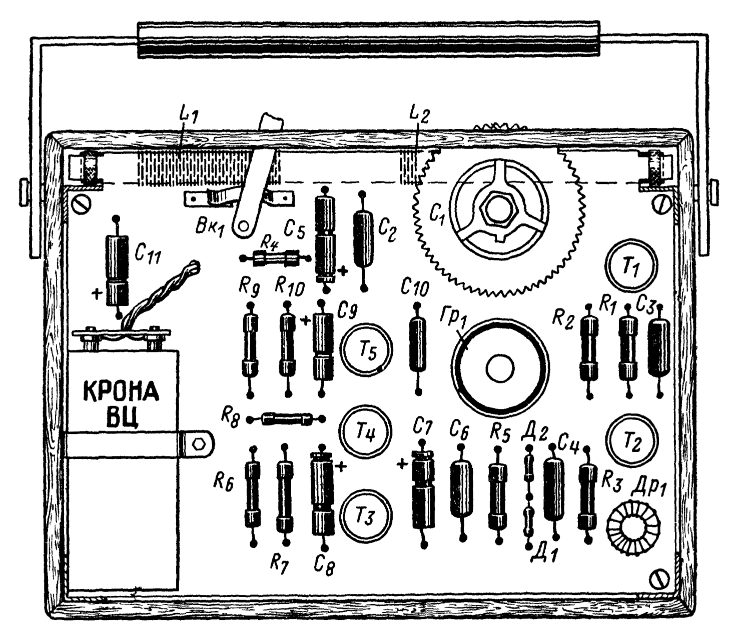


Рис. 273. Вид на приемник сзади.

Возможная конструкция приемника показана на рис. 273. Все детали, кроме громкоговорителя, смонтированы на плате размерами 100 × 140 *мм*, которая винтами укреплена в футляре. Громкоговоритель самодельный (на базе капсюля ДЭМШ), укреплен на лицевой стенке футляра. Для электромагнитной головки громкоговорителя в монтажной плате сделано круглое отверстие диаметром около 25 *мм*.

Магнитная антенна находится в верхней части платы со стороны, обращенной к лицевой стенке футляра. Длина ферритового стержня магнитной антенны 140 *мм*. Он прикреплен к плате с помощью резиновых колец.

Данные катушек L_1 и L_2 такие же, как и в предыдущем приемнике. Катушку L_1 желательно намотать на бумажной гильзе, чтобы ее можно было перемещать вдоль стержня, несколько смещая диапазон волн, перекрываемый контуром магнитной антенны.

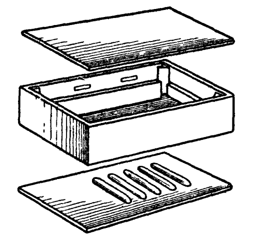
Источником питания служит батарея «Крона ВЦ», удерживаемая в приемнике жестяным хомутиком. Выключатель самодельный, ножевого типа. При повороте рычажка контактные пружины замыкаются и питание включается.

Дроссель высокой частоты намотан на ферритовом кольце 600НН и содержит 150 витков провода ПЭВ 0,12. Он приклеен к плате клеем БФ-2.

Футляр приемника (рис. 274) склей из 3—5-миллиметровой фанеры. С внутренней стороны к боковым стенкам приклей деревянные брусочки с таким расчетом, чтобы прикрепленная к ним монтажная плата находилась ближе к передней стенке футляра, но не касалась диффузородержателя громкоговорителя. Задняя стенка может крепиться шурупами, но лучше, если она будет откидной или удерживающейся на защипках, чтобы можно было быстро менять батарею. Подумай, как это сделать.

Грани и углы футляра закругли напильником, затем зашпаклюй футляр, хорошо зачисть его мелкой шкуркой и покрой 2—3 раза цветной нитроэмалью. К футляру прикрепи ручку или ремешок, чтобы удобнее было носить приемник.

Предложенная конструкция этого приемника является лишь примерной. В зависимости от имеющихся деталей она может быть изменена, но расположение основных деталей на монтажной плате надо сохранить то, которое я рекомендовал, иначе могут появиться неприятные взаимосвязи, а борьба с ними — дело серьезное и затяжное. С ними подчас даже трудно справиться, не перемонтировав приемник заново.



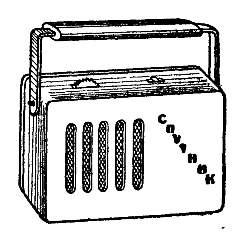


Рис. 274. Конструкция футляра и внешний вид приемника.

Продумывая конструкцию приемника, прежде всего реши вопрос об источнике питания. Средний ток, потребляемый приемником от батареи, составляет примерно 15 *ма*. Значит энергии батареи «КронаВЦ» хватит примерно на 20—30 часов непрерывной работы приемника. Батарею «КронаВЦ», когда она разрядится, можно заменить свежей. С аккумуляторной батареей 7Д-0,1, которую надо подзаряжать, дело обстоит сложнее — в походе для этого может не оказаться условий. Значит в походе целесообразнее пользоваться батареями «КронаВЦ». А в домашних условиях приемник можно питать от аккумуляторной батареи, которую всегда можно подзарядить, или от электросети через выпрямитель.

Источником питания может быть и батарея, составленная из двух батарей КБС-Л-0,50. Энергии такой батареи будет достаточно для непрерывной работы приемника более чем на 40—60 *ч*. Но в этом случае придется, видимо, несколько увеличить габариты приемника, чтобы уместить в нем такую батарею.

А если батарею составить из шести элементов типа 373? В этом случае приемник без смены батареи сможет работать около 300 *ч*. Но габариты и вес приемника при этом несколько увеличатся. Вот и решай, что, на твой взгляд, целесообразнее.

Выбор источника питания во многом зависит еще от имеющегося громкоговорителя, который по весу и объему может конкурировать с батареей. Если громкоговоритель самодельный или в качестве громкоговорителя будет использован капсюль ДЭМ-4м, то предпочтение надо отдать, видимо, батарее «КронаВЦ» или составленной из батарей КБС-Л-0,50. А если ты намерен использовать для приемника электродинамический громкоговоритель с согласующим трансформатором, то, идя на некоторое увеличение веса и габаритов приемника, целесообразнее применить для его питания элементы типа 373. Увеличенный футляр, кроме того, позволяет использовать для настройки приемника переменный конденсатор с наибольшей емкостью 450—500 *пф*, что расширит границы диапазона принимаемых волн.

Советую, как и прежде, собрать приемник сначала на макетной панели, наладить его, а затем, учитывая имеющиеся детали, хорошо продумать монтаж и конструкцию приемника в целом. Не исключены и некоторые изменения и дополнения, которые ты можешь внести в приемник.

Прежде всего в приемник можно ввести регулятор громкости. Для этого надо лишь постоянный резистор R_5, являющийся нагрузкой детектора, заменить переменным (рис. 275) такого же сопротивления. В этом случае громкость приема будет возрастать по мере перемещения движка резистора вверх (по схеме) и, наоборот, уменьшаться с перемещением движка вниз, к плюсовому проводнику,

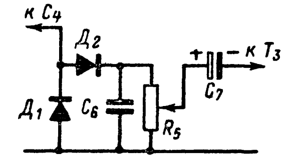


Рис. 275. Схема введения в приемник регулятора громкости.

Нагрузочный резистор R_2 транзистора T_1 можно заменить высокочастотным дросселем — таким же, как нагрузочный дроссель транзистора T_2. В этом случае усиление первого каскада может немного возрасти.

Нагрузками обоих транзисторов усилителя высокой частоты могут быть высокочастотные трансформаторы, как показано на рис. 276. В этом случае детектор может быть однодиодным, так как напряжение высокочастотного сигнала, создающееся на катушке связи L_6 второго трансформатора, будет достаточным для нормальной работы диода. Коллекторные токи транзисторов, устанавливаемые резисторами R_1 и R_2, остаются такими же, т. е. в пределах 0,8—1,2 *ма*.

В двенадцатой беседе я предлагал тебе смонтировать усилитель низкой частоты с двухтактным выходным каскадом (см. рис. 208). Нельзя ли такой же усилитель использовать и в походном приемнике? Можно, конечно. В этом случае отрицательная обкладка электролитического конденсатора C_7 походного приемника (рис. 272) должна соединяться с базой транзистора первого каскада того усилителя (рис. 208), который теперь будет транзистором T_3 этого приемника. Что это даст? Увеличение выходной мощности приемника до 150—180 *мвт*, а значит, и повышение громкости работы приемника.

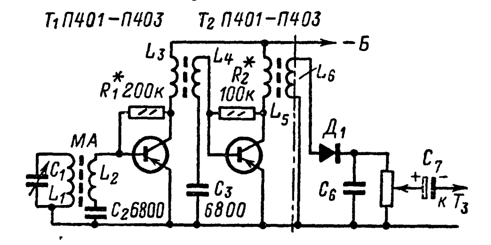


Рис. 276. Схема варианта усилителя высокой частоты приемника.

Вот с учетом возможных изменений и дополнений, проверенных на макетной панели, конструируй походный приемник.

Народная мудрость гласит: семь раз отмерь, а один раз — отрежь. К походному приемнику, особенно если ты будешь стремиться уменьшить его размеры, она, как нельзя лучше подходит. Вот почему хочется еще раз тебе посоветовать: учитывая имеющиеся детали, составь несколько вариантов монтажной схемы, не торопясь, выбери лучший из них, и только тогда уверенно приступай к заготовке и разметке платы и монтажу походного приемника.

Сетевой приемник с бестрансформаторным выходом

Предлагаю для эксперимента и накопления опыта конструирования еще один приемник, схему которого ты видишь на рис. 277. Первая наиболее характерная особенность этого приемника заключается в том, что питание его осуществляется от сети переменного тока через встроенный в него выпрямитель. Вторая его особенность — усилитель низкой частоты с двухтактным бестрансформаторным выходным каскадом. В целом же это приемник 1-V-3 и рассчитан он на работу с внешней антенной и заземлением.

Начнем с выпрямителя. Эта часть приемника, в которую входят трансформатор питания $Тр_1$ с выключателем $Вк_1$ и предохранителем $Пр_1$, диоды $Д_4$ и $Д_5$, транзистор T_8 и электролитические конденсаторы C_{12} и C_{13}, аналогична выпрямителю с транзисторным стабилизатором, о котором я рассказал тебе еще в деся-

той беседе (см. рис. 175). Только там для стабилизации выпрямленного тока был рекомендован мощный транзистор, а здесь — маломощный транзистор.

Обращаем внимание на цепи питания приемника. Коллекторные цепи транзисторов T_1 и T_2 подключены к выходу стабилизатора, а коллекторные цепи трех каскадов усилителя низкой частоты — до стабилизатора выпрямителя. Таким образом эти цепи разделены между собой по переменному току, что предотвращает паразитную связь между ними через общий источник питания. Дополнительно в цепь питания первых двух транзисторов включена ячейка развязывающего фильтра R_5C_6.

Сразу же ответим на вопрос, который, вероятно, тебя интересует: можно ли этот приемник питать от батареи? Конечно, можно, так же, как и предыдущие приемники и усилители низкой частоты.

Высокочастотная часть приемника тебе уже хорошо знакома. Поскольку используются внешняя антенна и заземление, то для приема местных и дальних

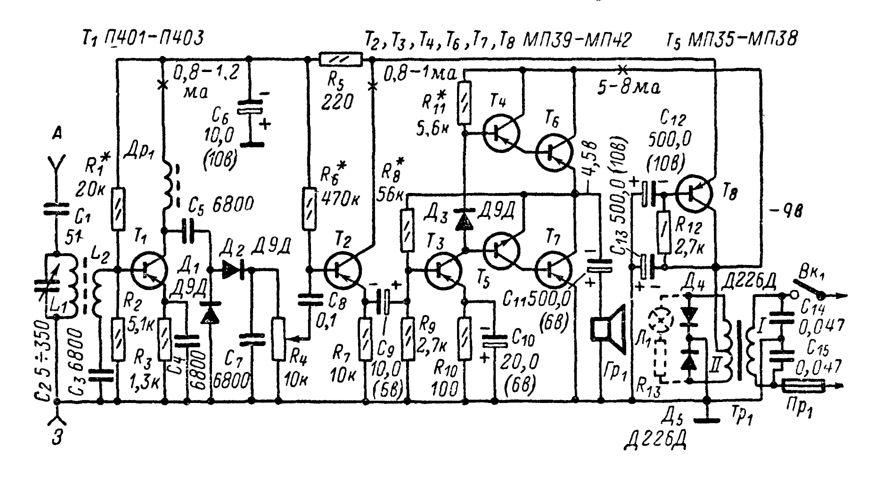


Рис. 277. Принципиальная схема сетевого приемника с бестрансформаторным выходом.

мощных радиовещательных станций вполне достаточно одного каскада усиления высокой частоты. Термостабилизация рабочей точки транзистора T_1 этого каскада осуществляется с помощью делителя напряжения R_1R_2 и эмиттерного резистора R_3. Детектор выполнен по схеме удвоения напряжения на точечных диодах типа Д9 с любым буквенным обозначением. Резистор R_4 является нагрузкой детектора и одновременно регулятором громкости.

С целью лучшего согласования детектора с входом усилителя низкой частоты транзистор T_2 первого каскада усилителя включен по схеме общего коллектора. Колебания низкой частоты, создающиеся на его нагрузочном резисторе R_7, через конденсатор C_9 поступают к транзистору T_3 второго каскада и усиливаются им.

Вспомни мой рассказ о двухтактном выходном каскаде усилителя. Для работы каскада в таком режиме на управляющие электроды его транзисторов должно подаваться напряжение низкой частоты в противофазе, т. е. со сдвигом фаз на 180°. Там это достигается с помощью межкаскадного переходного трансформатора фазоинверсного каскада. Здесь же это достигается с помощью транзисторов разного типа проводимости: транзистора T_4 проводимости типа *p-n-p* и транзистора T_5 проводимости типа *n-p-n*. Резистор R_{11} и диод $Д_3$ образуют базовую цепь транзисторов T_4 и T_5, являющуюся коллекторной цепью транзистора T_3. Следовательно, напряжение сигнала на базы транзисторов T_4 и T_5 подается непосредственно из коллекторной цепи транзистора T_3. При этом тран-

зистор T_4 типа *p-n-p* усиливает отрицательные полуволны напряжения сигнала, а транзистор T_5 типа *n-p-n* — положительные полуволны. Дополнительно отрицательные и положительные полуволны колебаний усиливаются транзисторами T_6 и T_7 и суммируются в их общей коллекторной цепи. Мощные колебания низкой частоты, создающиеся в этой цепи, через конденсатор C_{11} поступают непосредственно на звуковую катушку громкоговорителя $Гр_1$ и преобразуются им в звуковые колебания.

Транзисторы T_4 и T_6, T_5 и T_7 образуют два составных транзистора двух плеч двухтактного усилителя мощности. При таком включении каждая такая пара транзисторов работает как один транзистор, поэтому транзисторы T_4T_6 и T_5T_7 мы рассматриваем как усилительные элементы одного двухтактного выходного каскада приемника.

Оба составных транзистора этого каскада включены между собой последовательно и делят напряжение питания на две равные части. Мощные колебания низкой частоты снимаются со средней точки составных транзисторов, именуемой точкой симметрии напряжения, и через конденсатор C_{11} подводятся к громкоговорителю. Емкость конденсатора должна быть возможно большой, чтобы наилучшим образом согласовать сравнительно небольшое выходное сопротивление усилителя с совсем малым (4—6 *ом*) сопротивлением звуковой катушки громкоговорителя, например, типа 1ГД-18. Для громкоговорителя со звуковой катушкой сопротивлением в несколько десятков ом, например типа 0,5ГД-14, емкость этого конденсатора может быть уменьшена до 100 *мкф*.

Обращаем внимание на способ подачи напряжения смещения на базу транзистора T_3 предварительного усиления. Верхний (по схеме) вывод резистора R_8 делителя R_8R_9 соединен не с общим минусом источника питания, а с точкой симметрии выходного каскада. Но в этой точке действует переменное напряжение низкой частоты. Значит на базу транзистора T_3 через резистор R_8 вместе с постоянным напряжением смещения подается и небольшое переменное напряжение низкой частоты, образуя отрицательную обратную связь, улучшающую качество работы усилителя.

Какова роль диода $Д_3$? Он совместно с резистором R_{11} образует делитель напряжения и одновременно работает как термостабилизирующий элемент. Прямое падение напряжения на нем уменьшается с увеличением окружающей температуры, что и используется для температурной стабилизации работы двухтактного усилителя мощности.

Каковы преимущества усилителя этого приемника перед аналогичными усилителями низкой частоты с трансформаторами (например, по схеме на рис.208)? Их в основном два. Первое преимущество чисто конструктивного характера — отсутствие сравнительно сложных и громоздких переходного и выходного трансформаторов. Это позволяет конструировать более компактные и легкие усилители, что особенно важно для переносной аппаратуры. Второе преимущество качественное — отсутствие искажений, вносимых в работу усилителя трансформаторами, и равномерность усиления по диапазону звуковых частот. Бестрансформаторный усилитель равномерно усиливает практически почти весь воспринимаемый нами диапазон звуковых частот (примерно от 30—40 *гц* до 20 *кгц*). Аналогичный же усилитель с переходным и выходным трансформаторами равномерно усиливает более узкий диапазон звуковых колебаний, от 100 *гц* до 5—6 *кгц*.

Эти преимущества бестрансформаторных усилителей достигаются за счет усложнения их выходных каскадов и некоторого увеличения расхода энергии на их питание.

Одна из возможных конструкций этого приемника показана на рис. 278. Детали самого приемника и детали блока питания смонтированы на отдельных гетинаксовых платах, которые винтами прикреплены к планкам, приклеенным к внутренним сторонам стенок фанерного футляра. Громкоговоритель укреплен на передней стенке футляра с отверстием под диффузор. Через эту же стенку пропущены удлиненные оси конденсатора настройки C_2 и регулятора громкости R_4 с выключателем питания. С лицевой стороны передняя стенка футляра задрапирована декоративной тканью.

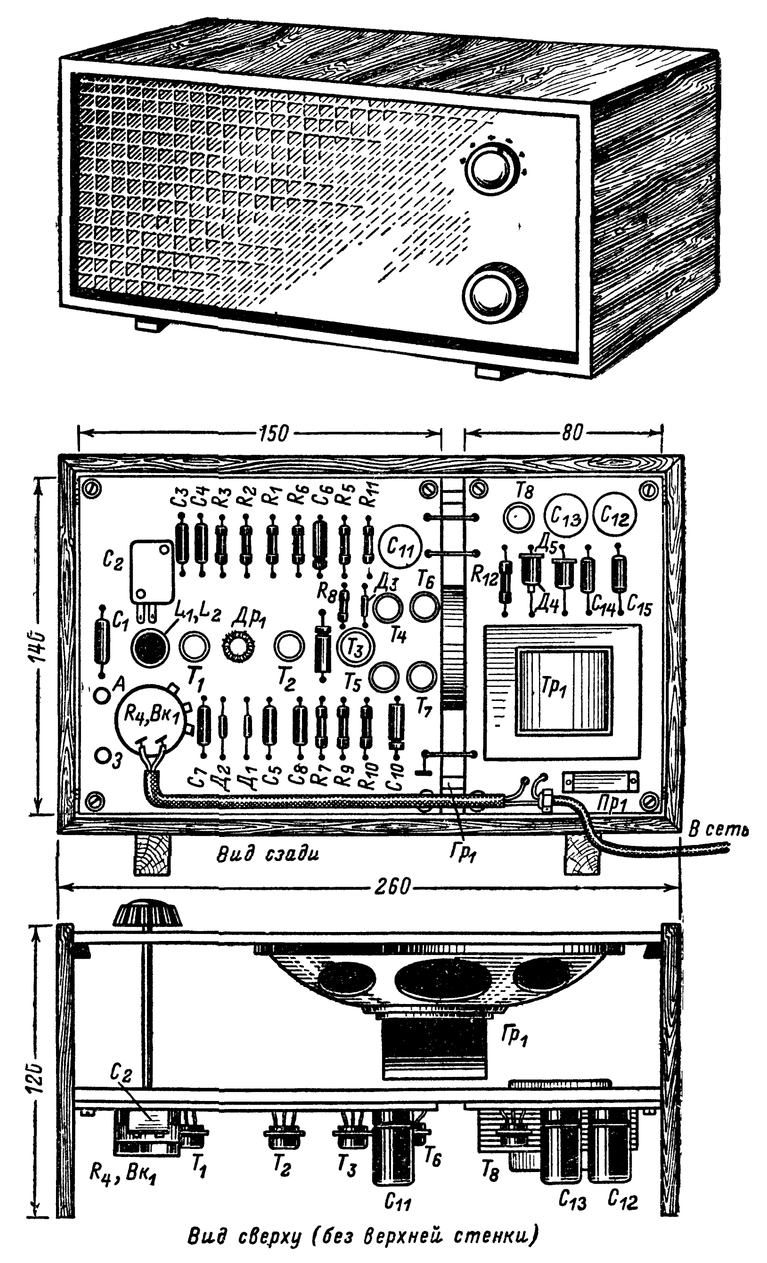


Рис. 278. Возможная конструкция приемника.

Примерные размеры монтажных плат и футляра указаны на рисунке.

Почему выпрямитель смонтирован на отдельной плате? Чтобы в случае необходимости его можно было быстро заменить батареей, укрепленной на такой же плате.

Катушки L_1 и L_2, используемые в этом приемнике, аналогичны таким же катушкам описанной в этой беседе громкоговорящей радиоточки (см. рис. 262). Их намоточные данные зависят от выбранного диапазона волн. Конденсатор C_2 — малогабаритный односекционный КПЕ с твердым диэлектриком. Переменный резистор R_4 типа ТК (с выключателем питания). Громкоговоритель мощностью 0,5—1 *вт*, например 1ГД-18, желательно с эллиптическим диффузором — для удобства монтажа в футляре. Электролитические конденсаторы C_{11}, C_{12} и C_{13} типа К50-3, К50-6. Конденсаторы C_{14} и C_{15} должны быть рассчитаны на рабочие напряжения не менее чем на 300 *в*. Предохранитель $Пр_1$ на ток 0,25 *а*; его следует закрыть картонным защитным колпачком.

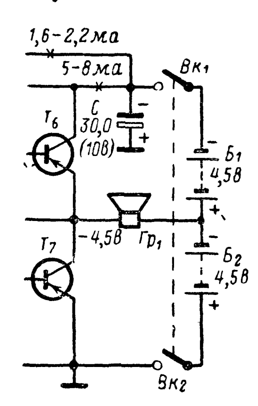


Рис. 279. Схема питания приемника от батарей.

Для трансформатора питания использован сердечник Ш16 × 20. Обмотка *I*, рассчитанная на напряжение сети 220 *в*, содержит 3 300 витков провода ПЭВ 0,1 (для сети напряжением 127 *в* — 1 905 витков провода ПЭВ 0,15), обмотка *II* — 140 витков провода ПЭВ 0,31 с отводом от середины.

Параллельно вторичной обмотке трансформатора можно подключить маломощную лампочку, которая будет выполнять роль индикатора включения питания (на рис. 277 показана штриховыми линиями). Она может освещать «глазок» на передней стенке футляра. Избыточное напряжение можно гасить проволочным резистором соответствующего сопротивления.

Коэффициент усиления $B_{ст}$ транзистора T_1 не менее 40, транзисторов T_2 и T_3 — не менее 30. Коэффициент усиления транзисторов T_4—T_7 может быть в пределах от 30 до 50, но, отбирая их, надо учесть, что пары транзисторов T_4, T_5 и T_6, T_7 должны иметь возможно близкие параметры по $B_{ст}$ и $I_{ко}$ или произведения коэффициентов $B_{ст}$ транзисторов T_4 и T_6 и транзисторов T_5 и T_7 должны быть равны. Эти требования — обязательное условие для неискаженной работы усилителя мощности.

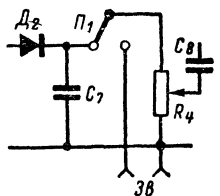


Рис. 280. Схема подключения звукоснимателя к усилителю.

В стабилизующей ячейке выпрямителя может работать любой транзистор, важно лишь, чтобы он был исправным.

Налаживание усилителя мощности сводится к установлению нормального режима работы его транзисторов. Сначала подбором резистора R_{11} надо установить общий ток покоя коллекторных цепей транзисторов T_4 — T_7 в пределах 5—8 *ма*, а затем изменением сопротивления резистора R_8 добиться, чтобы в точке симметрии была половина напряжения источника питания.

Предупреждаем: во время замены резисторов R_8 и R_{11} в базовых цепях транзисторов источник питания должен быть выключен, иначе транзисторы T_6 и T_7 выйдут из строя.

Какие изменения и дополнения можно внести в этот приемник? Назовем три из них.

Во-первых, как уже говорилось, сетевой блок питания можно заменить батареей. И если она будет составлена из двух батарей, например из батарей КБС-Л-0,50, то тогда можно будет обойтись и без переходного конденсатора C_{11} большой емкости. В этом случае схема выходной части приемника должна иметь вид, показанный на рис. 279. Громкоговоритель, как видишь, включен между точкой симметрии и средней точкой батарей $Б_1$ и $Б_2$ без переходного конденсатора. Конден-

сатор C, блокируя источник питания по переменному току, предотвращает самовозбуждение усилителя. При таком включении громкоговорителя совершенно обязательно применение сдвоенного выключателя питания ($Вк_1$ и $Вк_2$).

Во-вторых, усилитель низкой частоты может быть использован для воспроизведения грамзаписи. Для этого надо ввести в приемник переключатель (рис. 280), с помощью которого можно было бы отключать от входа усилителя детектор и подключать к нему звукосниматель. Если звукосниматель пьезоэлектрический, то регулятор громкости R_4 надо заменить переменным резистором на 470—510 *ком*.

В-третьих, приемник может работать от внутренней магнитной антенны. Но в этом случае усилитель высокой частоты должен быть двухкаскадным, как в описанном выше походном приемнике.

Вполне понятно, что, внося эти или другие изменения и дополнения, придется видимо, соответственно изменять монтаж, а если надо, то и конструкцию приемника. Наибольшие изменения конструкции будут в том случае, если этот приемник ты решишь сделать радиолой, дополнив его электродвигателем и звукоснимателем для проигрывания грампластинок.

Рефлексные приемники

Стремясь сделать приемник достаточно чувствительным и с возможно меньшим числом транзисторов в нем, радиолюбители часто одни и те же транзисторы используют дважды: для усиления колебаний высокой частоты и усиления колебаний низкой частоты. Каскады или транзисторы, используемые таким образом, называют р е ф л е к с н ы м и, а приемники с такими каскадами — р е ф л е к с н ы м и приемниками.

Блок-схему, поясняющую принцип работы рефлексного приемника, ты видишь на рис. 281. Модулированные колебания высокой частоты, на которые настроен входной контур приемника, поступают к усилителю ВЧ и усиливаются им. Колебания низкой частоты, выделенные диодом $Д$, подаются на вход усилителя ВЧ, который теперь работает еще и как усилитель колебаний звуковой частоты. После усиления колебания низкой частоты могут быть преобразованы телефонами в звук или дополнительно усилены и преобразованы в звук громкоговорителем.

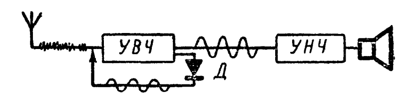


Рис. 281. Блок-схема рефлексного приемника.

Не возникают ли взаимные помехи при одновременном усилении одним и тем же транзистором колебаний высокой и низкой частот? Если после детектирования колебания низкой частоты хорошо «очищены» от высокочастотной составляющей, то взаимных помех нет. Если такая фильтрация сигнала отсутствует или недостаточная, то приемник из-за положительной обратной связи по высокой частоте самовозбуждается.

Предлагаю для опытной проверки некоторые варианты рефлексных приемников.

Первый приемник — однотранзисторный 1-V-1. Его принципиальная схема показана на рис. 282. Высокочастотный сигнал радиостанции, на частоту которой настроен резонансный контур L_1C_2, через катушку связи L_2 поступает к транзистору T_1 и усиливается им. Для этого сигнала транзистор включен по схеме общего эмиттера. Нагрузкой транзистора по высокой частоте служит высокочастотный дроссель $Др_1$.

Конденсатор C_4, диод $Д_1$ и резистор R_2, заблокированный конденсатором C_5,— знакомая тебе детекторная цепь. Колебания низкой частоты, создающиеся на резисторе R_2, через резистор R_3, конденсатор C_7 и катушку связи L_2 поступают на базу транзистора для усиления. Для этого сигнала транзистор включен по схеме общего коллектора (эмиттерный повторитель). Усиленный низкочастотный

сигнал преобразуется в звуковые колебания телефоном *Тлф*$_1$, включенным, как нагрузка, в эмиттерную цепь.

Таким образом, транзистор в этом приемнике работает одновременно как усилитель колебаний высокой и низкой частот. Получается приемник 1-V-1.

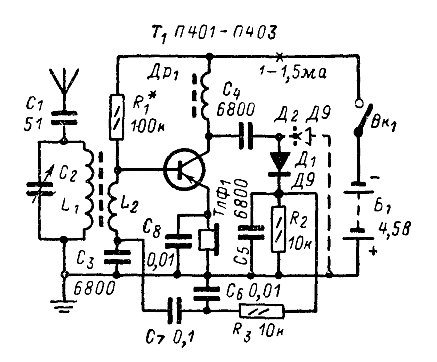


Рис. 282. Принципиальная схема рефлексного приемника 1-V-1.

Резистор R_3 и конденсатор C_6 образуют ячейку, фильтрующую колебания звуковой частоты. Конденсатор C_7 — разделительный.

Резистором R_1 устанавливают коллекторный ток транзистора в пределах 1—1,5 *ма*, добиваясь наибольшей громкости звучания телефона и без искажений. Желательно, чтобы телефон был низкоомный (120—150 *ом*).

Чтобы ты мог ощутить эффект работы рефлексного каскада, советуем сначала цепь эмиттера транзистора закоротить, телефон включить в цепь детектора вместо нагрузочного резистора R_2, а проводник, идущий к резистору R_3, отключить. Получится приемник 1-V-0. Настрой его на местную радиовещательную станцию и запомни громкость звучания телефона. Затем, не расстраивая входной контур, восстанови детекторную цепь и соединение резистора R_3, а телефон включи в эмиттерную цепь транзистора. При этом громкость приема должна заметно увеличиться. Попробуй подключить к диоду *Д*$_1$ второй такой же диод (на рис. 282 показано штриховыми линиями), чтобы детектор работал по схеме удвоения напряжения. Приемник будет работать еще громче.

Второй приемник — двухтранзисторный 1-V-2 (рис. 283). Первый каскад этого приемника на транзисторе T_1 — рефлексный, а каскад на транзисторе T_2 — усилитель низкой частоты с телефоном в коллекторной цепи. Оба транзистора включены по схеме общего эмиттера. Прием ведется на магнитную антенну.

Принятый и усиленный транзистором T_1 сигнал выделяется на высокочастотном дросселе *Др*$_1$ и через конденсатор C_4 подается на диод *Д*$_1$. Выделенный диодом сигнал низкой частоты через резистор R_1 и катушку связи L_2 поступает на вход транзистора T_1 для усиления. При этом эмиттерный *p-n*-переход транзистора используется как нагрузочное сопротивление детектора.

Низкочастотной нагрузкой в коллекторной цепи транзистора T_1 служит резистор R_2. С него сигнал звуковой частоты поступает через разделительный конденсатор C_6 к каскаду на транзисторе T_2, где он усиливается и преобразуется телефоном в звук.

Рис. 283. Принципиальная схема двухтранзисторного приемника 1-V-2.

Как видишь, в коллекторной цепи транзистора рефлексного каскада этого приемника включены две нагрузки — дроссель *Др*$_1$ и резистор R_2. Благодаря этому и происходит разделение высокочастотной и низкочастотной составляющих в коллекторной цепи транзистора.

Начальное напряжение смещения на базу первого транзистора подается через резистор R_3, диод *Д*$_1$, резистор R_1 и катушку связи L_2, а на базу транзистора T_2 — через резистор R_4.

Коллекторный ток транзистора T_1 (0,7—1 *ма*) устанавливают подбором резистора R_3, коллекторный ток транзистора T_2 — резистором R_4. Фильтрация колебаний низкой частоты, поступающих из детекторной цепи на вход рефлексного каскада, осуществляется резистором R_1 и конденсаторами C_5 и C_2.

Так, коротко, работает этот приемник, обеспечивающий достаточно громкий прием программ местных и наиболее мощных отдаленных радиостанций.

На рис. 284 показана конструкция этого приемника в том виде, как она выглядит у юных радиолюбителей кружков московского городского Дворца пионеров и школьников. Все детали, кроме конденсатора переменной емкости C_1,

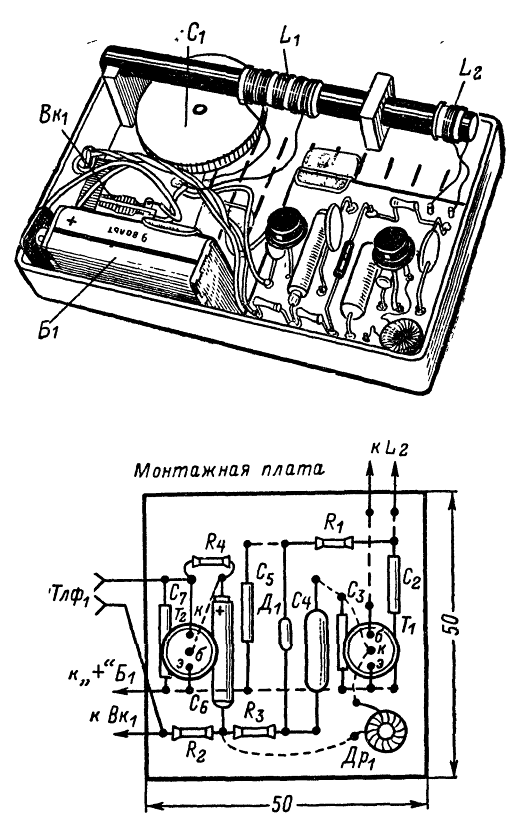


Рис. 284. Конструкция приемника.

магнитной антенны и выключателя питания, смонтированы на гетинаксовой плате размерами 50 × 50 *мм*, которая укреплена в пластмассовой коробке с внутренними размерами 105 × 65 × 25 *мм*. Катушки L_1 и L_2 намотаны на бумажных каркасах, которые можно перемещать вдоль ферритового стержня марки 600НН длиной 105 и диаметром 8 *мм*. Катушка L_1 контура магнитной антенны, рассчитанного на прием радиостанций средневолнового диапазона, содержит 125 витков провода ПЭВ 0,15, намотанных «внавал» пятью секциями по 25 витков в каждой секции; расстояние между секциями около 1 *мм*. Катушка L_2 содержит 20—25 витков того же провода. Стержень магнитной антенны удерживается в корпусе с помощью двух стоек, выпиленных из органического стекла.

Конденсатор настройки C_1 — малогабаритный с максимальной емкостью 350—380 *пф* Он укреплен в корпусе под магнитной антенной и снабжен диском для вращения оси ротора.

Дроссель $Др_1$ намотан на ферритовом кольце 600НН диаметром 8 *мм* проводом ПЭВ 0,1 до заполнения отверстия кольца (200—250 витков). Телефоны низкоомные, типа ТОН-2 Выключатель питания может быть любого типа. Для питания приемника используется батарея «КронаВЦ» или аккумуляторная батарея типа 7Д-0,1.

Налаживание приемника сводится к установке режимов работы транзисторов (резисторами R_3 и R_4) и практическому подбору расстояния между катушками L_1 и L_2 и их положения на ферритовом стержне, добиваясь наибольшей громкости при возможно лучшей избирательности приемника.

В приемник можно внести ряд изменений и дополнений Например, изменить диапазон волн, учитывая местные условия радиоприема. Малогабаритный конденсатор переменной емкости (C_1) можно заменить подстроечным типа КПК-2. А если в вашей местности уверенно слышны сигналы только одной местной станции, то вообще этот конденсатор целесообразно заменить конденсатором постоянной емкости и настроить контур магнитной антенны на частоту этой станции. Получится приемник с фиксированной настройкой на местную станцию.

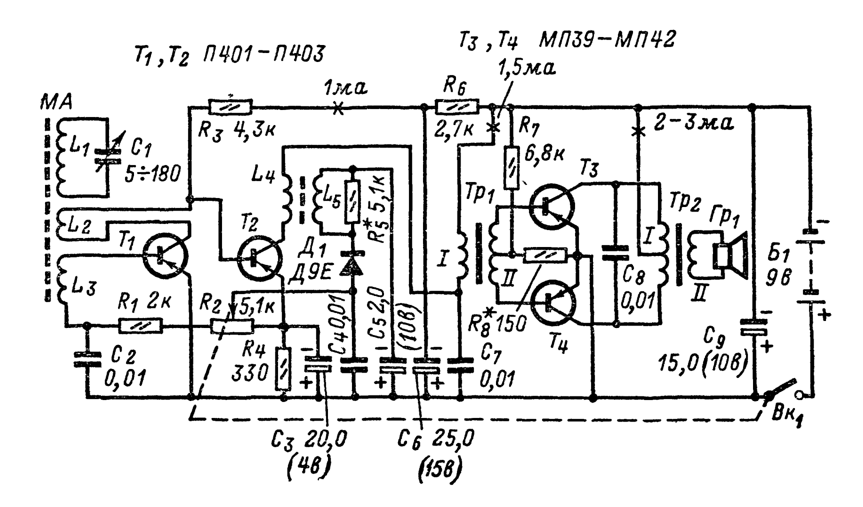


Рис. 285. Принципиальная схема приемника «Юность».

Такой приемник интересен как сувенир, как подарок младшему брату, сестре, товарищу. И если твой товарищ еще не радиолюбитель, то, получив такой подарок, он непременно захочет им стать. А тебя этот приемник обогатит дополнительным опытом.

Третий приемник — четырехтранзисторный 2-V-3 с двухтактным выходом. Этот приемник разработан одним из московских промышленных предприятий совместно с Центральным радиоклубом СССР и выпускается в виде набора деталей под названием «Карманный радиоприемник «Юность». Из набора деталей и материалов, добавив только транзисторы и батарею «КронаВЦ», можно самостоятельно собрать такой приемник.

Принципиальная схема приемника показана на рис. 285. Первые два каскада на транзисторах T_1 и T_2 рефлексные и выполняют функции усилителя колебаний высокой частоты и предварительного усилителя низкой частоты, а каскад на транзисторах T_3 и T_4 — двухтактный усилитель мощности.

Как работают первые два рефлексные каскада приемника? Напряжение высокочастотного сигнала, выделенное контуром L_1C_1 магнитной антенны, через катушку связи L_3 поступает к транзистру T_1 и усиливается им. Для улучшения чувствительности и избирательности в этом каскаде приемника применена положительная обратная связь по высокой частоте, которая осуществляется через катушку обратной связи L_2. Нагрузкой этого каскада служит резистор R_3. Соз-

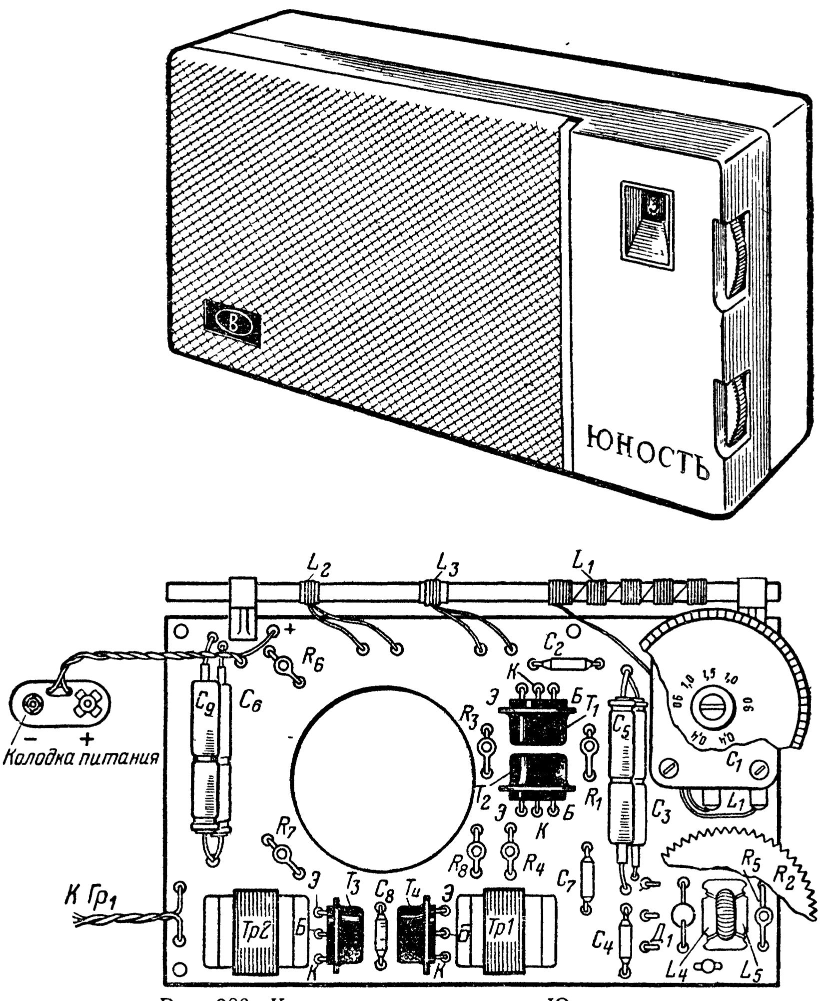


Рис. 286 Конструкция приемника «Юность».

дающееся на нем напряжение сигнала, усиленное первым каскадом, подается непосредственно на базу транзистора T_2 второго каскада. Нагрузкой транзистора этого каскада (по высокой частоте) является катушка L_4 высокочастотного трансформатора L_4L_5. С катушки L_5 сигнал поступает на диод $Д_1$, детектируется им и, теперь уже низкочастотный сигнал, через резисторы R_2, R_1 и катушку связи L_3 подается на вход того же двухкаскадного усилителя. Резистор R_3 теперь вы-

полняет роль и низкочастотной нагрузки первого транзистора, а низкочастотной нагрузкой транзистора второго каскада служит первичная обмотка трансформатора $Тр_1$. С обмотки *II* трансформатора низкочастотный сигнал поступает в противофазе на базы транзисторов T_3 и T_4, усиливается этим каскадом и преобразуется громкоговорителем в звуковые колебания.

Фильтрация низкочастотного сигнала осуществляется резисторами R_2, R_1 и конденсаторами C_3 и C_2. Резистор R_2 является и регулятором громкости: наибольшая громкость будет, когда движок резистора находится в крайнем левом (по схеме) положении. Через резисторы R_2, R_1 и катушку связи L_3 на базу транзистора T_1 подается и напряжение смещения, которое снимается с резистора R_4, включенного в эмиттерную цепь транзистора T_2. При этом между эмиттером транзистора T_2 и базой транзистора T_1 создается отрицательная обратная связь по постоянному току, стабилизирующая режимы работы обоих транзисторов. Смещение на базы транзисторов выходного каскада подается с делителя напряжения R_7R_8. Ячейка фильтра R_6C_6 и конденсатор C_9 предотвращают самовозбуждение приемника.

Приемник обеспечивает громкоговорящий прием средневолновых радиостанций, находящихся на расстоянии до 500 *км*. Выходная мощность приемника около 150 *мвт*. Средний ток, потребляемый им от батареи, не превышает 20 *ма*.

Представление о готовом приемнике и его монтажной плате дает рис. 286. Рассказывать подробно о конструкции приемника, его крепежных элементах не имеет смысла, так как изготовление их в любительских условиях затруднительно. Но, возможно, ты захочешь смонтировать аналогичный приемник, но своей конструкции. На этот случай сообщаем данные основных деталей приемника.

В приемнике могут быть применены транзисторы с коэффициентом усиления $B_{ст}$ от 20 до 100, причем параметры транзисторов T_3 и T_4 выходного каскада не должны отличаться более чем на 10%. Если в первых двух каскадах будут использованы транзисторы с $B_{ст}$ более 60, то катушку обратной связи надо будет исключить, иначе из-за большого усиления приемник может самовозбудиться.

Для магнитной антенны используется плоский ферритовый стержень 600НН размерами 85 × 20 × 3 *мм*. Находящиеся на нем катушки намотаны на бумажных гильзах и содержат: L_1 — 90 витков провода ЛЭШО 7 × 0,7 (литцендрат), намотанных пятью секциями по 18 витков в каждой секции; L_2 — 1—2 витка провода ПЭВ 0,12, а L_3 — 2—6 витков такого же провода.

Высокочастотный трансформатор можно намотать на ферритовом кольце марки 600НН диаметром 8 *мм*. Обмотка L_4 содержит 70 витков, а обмотка L_5 — 120 витков провода ПЭЛШО или ПЭВ 0,12.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ намотаны на пермаллоевых сердечниках Ш3 × × 6 *мм*. Обмотка *I* трансформатора $Тр_1$ содержит 2 100 витков, а обмотка *II* — 290 × 2 витков провода ПЭВ 0,06. Обмотка *I* трансформатора $Тр_2$ содержит 450 × 2 витков провода ПЭВ 0,09, обмотка *II* — 80 витков провода ПЭВ 0,23. Вообще же в этом приемнике можно использовать переходные и выходной трансформаторы от любого транзисторного приемника с трансформаторным двухтактным выходом.

Громкоговоритель типа 0,2ГД-1 со звуковой катушкой сопротивлением 6,5 *ом*. Можно, разумеется, использовать любой другой аналогичный ему электродинамический громкоговоритель.

Остальные детали приемника могут быть любого типа.

* * *

В этой беседе я предложил тебе для конструирования несколько разных по сложности транзисторных приемников прямого усиления. Бóльшую часть из них ты мог проверить в работе на макетной панели, а некоторые смонтировать, как рекомендовал, и пользоваться ими самому или твоими близкими.

Но, возможно, все будет обстоять иначе: сначала ты освоишь ламповые приемники прямого усиления, о которых разговор пойдет в следующей беседе, а потом, вернувшись к этой беседе, займешься транзисторными приемниками.

○

БЕСЕДА ШЕСТНАДЦАТАЯ

Ламповые приемники прямого усиления

Эта беседа, как и предыдущая, также является продолжением разговора о самодельных приемниках, но на электронных лампах.

Совсем недавно, каких-нибудь 8—10 лет назад, радиолюбители с одинаковым интересом строили как сетевые, так и батарейные ламповые приемники. Да и промышленность еще выпускала приемники с питанием от батарей. Сейчас для радиолюбителей такие приемники утратили свою привлекательность, так как на смену им пришли более экономичные и удобные в эксплуатации транзисторные приемники. Поэтому в этой беседе разговор пойдет лишь о ламповых приемниках с питанием от электросети.

Конструируя сетевые приемники, тебе придется иметь дело с высокими напряжениями. В связи с этим хочется еще раз сказать тебе: будь особенно внимателен и осторожен. Оплошность при работе с сетевым блоком питания может иметь неприятные последствия. Не забывай об этом!

Предлагаю тебе несколько разных по сложности приемников и их вариантов. Выбирай любой из них, учитывая свои силы и возможности. Но я все же советую начать с простого — однолампового приемника. А когда соберешь его, испытаешь и наладишь, тебе нетрудно будет превратить его в двухламповый.

От однолампового приемника к двухламповому с обратной связью

Принципиальная схема этого приемника, которую ты видишь на рис. 287, является повторением простейшего приемника, знакомого тебе по тринадцатой беседе (см. рис. 221), добавлена только катушка обратной связи L_2. Получился одноламповый приемник с сеточным детектированием и последовательной положительной обратной связью (по схеме на рис. 223).

Разберись, как такой приемник будет работать. В нем используется пентод 6Ж8. Сетевой блок питания подключается к соответствующим зажимам приемника. Заземленный проводник является общим проводником цепей накала и анодно-экранной цепи приемника.

Колебательный контур L_1C_2 рассчитан на прием радиостанций средневолнового и длинноволнового диапазонов. Разомкнутое положение контактов переключателя $П_1$ соответствует длинноволновому, а замкнутое — средневолновому диапазону. При первом положении переключателя в колебательном контуре работают обе секции катушки L_1 и конденсатор переменной емкости C_2, а при втором — только верхняя секция катушки L_1 и конденсатор C_2. Таким образом, грубая настройка (переключение диапазонов) осуществляется переключателем $П_1$ а плавная — конденсатором переменной емкости C_2.

Катушка обратной связи L_2, включенная в анодную цепь лампы последовательно, имеет с контурной катушкой переменную связь, что обозначено стрелкой, пересекающей обе катушки приемника. Величину обратной связи можно регулировать вращением катушки обратной связи внутри контурной.

Напряжение на экранирующую сетку лампы подается через гасящий резистор R_2. Переменное напряжение, создающееся в этой цепи во время работы

приемника, замыкается на землю конденсатором C_5. Конденсатор C_4, блокирующий телефон, пропускает высокочастотную составляющую анодного тока лампы.

Одна из возможных конструкций этого приемника показана на рис. 288. Приемник смонтирован на шасси с высокой передней панелью. На лицевую сторону панели выведены концы осей конденсатора переменной емкости C_2 и катушки обратной связи L_2, снабженные ручками со стрелками-указателями настройки. Около стрелки на ручке регулирования обратной связи имеются упоры, ограничивающие вращение катушки обратной связи. Под панелью расположены гнезда для включения высокоомных головных телефонов и переключатель диапазонов. Сверху на шасси находятся катушки, конденсатор переменной емкости и лампа, на задней стенке шасси—зажимы для подключения антенны, заземления и блока питания. Остальные детали смонтированы в подвале шасси. Для жесткости монтажа деталей цепи экранирующей сетки и конденсаторов цепи управляющей сетки лампы использованы монтажные стойки.

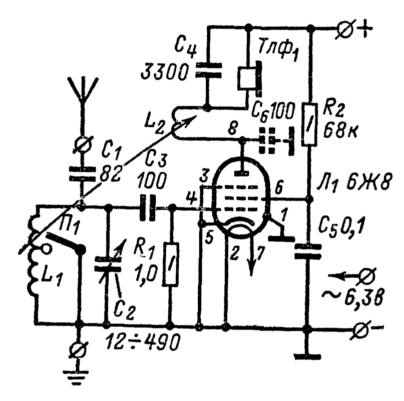


Рис. 287. Принципиальная схема однолампового приемника с обратной связью.

Позади конденсатора переменной емкости имеется свободное отверстие. Оно предназначено для панели лампы усилителя низкой частоты.

Переднюю панель и заднюю стенку шасси изготовь из фанеры или доски толщиной 6—8 *мм*, а горизонтальную панель шасси — из фанеры толщиной 3—4 *мм*. Если конструкция окажется недостаточно жесткой, то прибей укосины или боковые стенки. Отверстия для ламповых панелей диаметром 27 *мм* просверли или выпили лобзиком до сборки шасси.

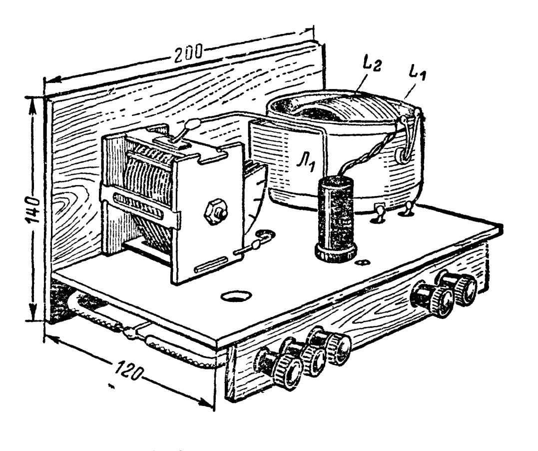
Катушки индуктивности приемника самодельные. Их конструкция показана на рис. 289. Катушка L_1 крепится на деревянных брусочках к передней панели шасси. Она неподвижна. Каркас катушки обратной связи L_2 жестко скреплен с осью, при помощи которой катушка поворачивается. Подшипниками оси служат отверстия в каркасе контурной катушки. При повороте катушки L_2 на половину оборота (180°) величина обратной связи плавно изменяется от минимума до максимума. От продольного смещения ось катушки L_2 удерживают шпонки-булавки или тонкие гвоздики, вбитые в ось с внешней стороны каркаса катушки L_1. Чтобы при вращении оси шпонки не портили изоляцию провода контурной катушки, под них на ось надеты картонные шайбы.

Почему предлагается именно такая конструкция катушек? Только потому, что она позволит тебе не только ощутить эффект обратной связи, но и видеть, как влияет на ее величину положение катушки обратной связи относительно контурной. А вообще же конструкция катушек и способ регулирования обратной связи могут быть иными, о чем я еще буду говорить в этой беседе.

Плавность вращения катушки обратной связи и надежность ее работы во многом зависят от тщательности изготовления и подгонки относящихся к ней частей. Очень важно, в частности, чтобы при вращении она не задевала за каркас контурной катушки. Рекомендую сначала склеить и обработать каркасы, заготовить ось, проделать в каркасах отверстия по диаметру оси, собрать и отрегулировать будущую конструкцию, а затем разобрать ее, намотать катушки и только после этого окончательно собрать и укрепить катушки на шасси.

Каркасы для катушек изготовь из прессшпана или плотной бумаги уже известным тебе способом. Размеры их указаны на рисунке. По краям каркасов сделай выводные контакты. К ним будешь припаивать пропущенные внутрь каркасов выводы катушек.

Ось катушки L_2 — круглая палочка диаметром 5—7 и длиной 125 × 130 *мм*, подобная деревянной ученической ручке или круглому карандашу. С одного конца палочки просверли продольное отверстие диаметром 3—4 *мм* на глубину 25—30 *мм*, а потом боковое отверстие. Они образуют канал для вывода проводников катушки L_2 наружу контурной катушки. Если просверлить такие отверстия тебе будет трудно, то сделай на конце палочки бумажную трубочку (см. внизу слева на рис. 289). Полоску бумаги шириной 35—40 и длиной 90—100 *мм* смажь клеем и плотно намотай на конец палочки. После полного высыхания клея проделай в получившейся трубочке боковое отверстие для выводов катушки.



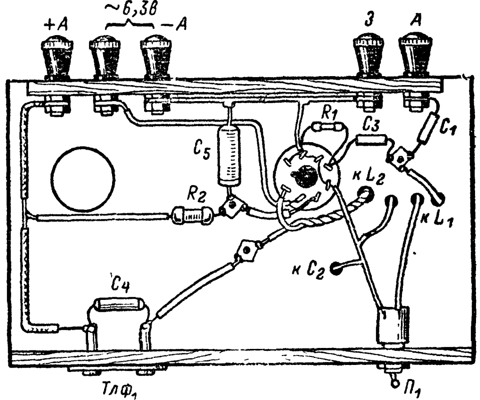


Рис. 288. Одноламповый приемник с обратной связью.

Отверстия в каркасах должны быть такими, чтобы ось туго входила в них. Ось не должна болтаться в отверстиях каркаса контурной катушки и удерживается в них за счет трения.

Для контурной катушки подойдет провод диаметром 0,25—0,3 *мм*, а для катушки обратной связи — провод диаметром 0,15—0,2 *мм* с любой изоляцией. Катушка обратной связи L_2 должна содержать около 70 витков, намотанных равными порциями по обе стороны от отверстий для оси. Контурная катушка L_1 должна иметь всего 170—180 витков с отводом от 60—70-го витка. Малая секция ее — средневолновая часть катушки.

Когда намотаешь катушки, собери их в единую конструкцию, снаружи контурной катушки надень на ось картонные шайбы и осторожно вбей в ось гвоздики. Перемещая катушку обратной связи по оси, добейся, чтобы при вращении она не задевала за каркас контурной катушки. В таком положении приклей ее каркас к оси несколькими каплями клея.

Выводы катушки обратной связи пропусти наружу через трубчатую часть оси. Делай их гибким многожильным проводом в шелковой или бумажной изоляции. Обычный медный провод для этой цели малопригоден, так как при вращении катушки он может перетереться; в результате появится обрыв или замыкание между выводными проводниками.

Катушки укрепи на двух брусках, приклеенных к передней панели шасси, при помощи картонной полоски, предварительно вырезав в ней отверстие для оси катушки обратной связи. А чтобы не повредить изоляцию провода контурной катушки о бруски, наклей на них лоскутки байки или другой мягкой материи.

Если для настройки приемника будешь использовать самодельный или любой другой конденсатор, емкость которого не превышает 300—350 *пф*, то в контурной катушке сделай не один, а два-три отвода. А если в твоем хозяйстве окажется блок конденсаторов переменной емкости, можешь поставить его в приемник, но использовать будешь только одну его секцию.

В нашей конструкции роль переключателя диапазонов выполняет выключатель тумблер. Но он может быть самодельным, например ножевого типа.

Питать приемник можно от любого выпрямителя, дающего напряжение постоянного тока 220—250 *в*.

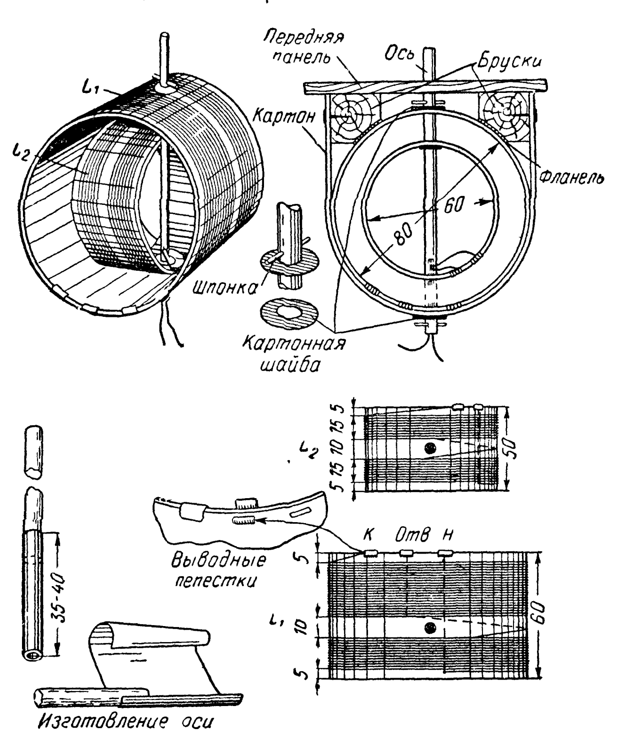


Рис. 289. Конструкция катушек однолампового приемника с обратной связью.

Прежде чем подключить к приемнику блок питания, проверь, нет ли в монтаже ошибок. Подключи к контуру цепочку из детектора и телефона и испытай эту часть, как детекторный приемник, чтобы убедиться в ее исправности. Затем отключи временно катушку обратной связи, а анод лампы соедини с гнездом телефонов напрямую. Вставь лампу, включи питание и испытай приемник без обратной связи. Он должен работать так же, как простейший одноламповый приемник.

После этого включи катушку обратной связи. Проверь, как регулируется обратная связь. Настрой приемник на одну из радиостанций и медленно поворачивай ручку обратной связи. Громкость должна постепенно возрастать. При некотором положении витков катушки обратной связи относительно витков контурной катушки услышишь легкий щелчок в телефонах и появится свист, искажающий передачу. Этот щелчок — порог генерации. Стоит повернуть катушку

обратной связи в другую сторону, как генерация сорвется. Наибольшее усиление будет вблизи порога генерации.

Если же вместо усиления будет ослабление приема, что укажет на действие отрицательной обратной связи, в этом случае надо повернуть катушку обратной связи на 180° или поменять местами ее выводы.

Может случиться, что при вращении катушки обратной связи громкость возрастает, но генерации не возникает. Это укажет на слабую обратную связь. Усилить ее можно увеличением числа витков катушки обратной связи на 15—20 витков.

Может наблюдаться и такое явление: с увеличением обратной связи генерация возникает, а срыв генерации при уменьшении величины обратной связи происходит не мгновенно, а как бы с затяжкой. Устранить это явление можно включением между анодом лампы и заземленным проводником керамического или слюдяного конденсатора емкостью 100—120 *пф* (на рис. 287 показан штриховыми линиями).

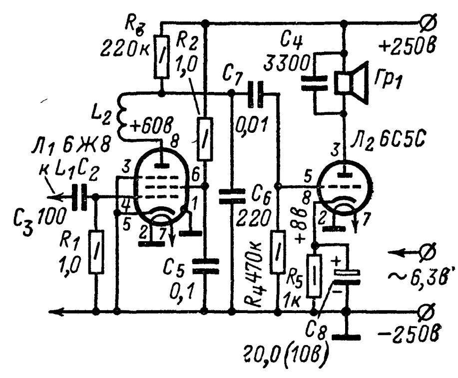


Рис. 290. Принципиальная схема двухлампового приемника с обратной связью.

Быстрая и точная настройка приемника с обратной связью достигается опытом. Обычно одновременно действуют обеими руками: одной рукой вращают ручку настройки, а другой регулируют обратную связь. При приеме мощных, близко расположенных радиовещательных станций настройка приемника проста: сначала нужно вращать ручку настройки до получения наибольшей громкости, затем следует установить величину обратной связи такой, чтобы передача была слышна еще лучше, но не возникало генерации.

При приеме дальних станций обратную связь доводят до появления в телефонах или громкоговорителе шума, характеризующего возникновение слабой генерации, и медленно вращают ручку настройки. Радиостанция при этом обнаруживается по появлению свиста высокого тона. Дальнейшее очень медленное вращение ручки настройки сопровождается снижением высоты тона, а затем снова повышением его. Ручка настройки должна быть установлена в среднее положение относительно свистов. Затем обратную связь уменьшают до срыва генерации и незначительным поворотом ручки настройки подстраивают контур до получения наиболее громкого приема.

Рис. 291. Монтаж усилителя низкой частоты.

Освой как следует этот приемник, а потом добавь к нему каскад усиления низкой частоты. Простой, конечно.

Принципиальная схема такого варианта приемника показана на рис. 290. В усилителе используется триод 6С5С. Имеется в виду, что нагрузкой этого каскада будет радиотрансляционный громкоговоритель с его согласующим трансформатором.

Какие изменения произошли в бывшем одноламповом приемнике?

Анодной нагрузкой лампы $Л_1$ был телефон, заблокированный конденсатором C_4. Теперь нагрузкой этой лампы стал резистор R_3, а конденсатор C_4 блокирует громкоговоритель $Гр_1$, включенный в анодную цепь выходной лампы. Поскольку сопротивление анодной нагрузки лампы $Л_1$ возросло, сопротивление резистора R_2 тоже должно быть увеличено, чтобы напряжение на экранирующей сетке было меньше, чем на аноде.

Каково назначение других элементов этого приемника?

Конденсатор C_6, блокируя анодную цепь первой лампы по высокой частоте, улучшает действие обратной связи. Конденсатор C_7 — разделительный, R_4 — резистор утечки сетки второй лампы. Через резистор R_4 на управляющую сетку выходной лампы подается отрицательное напряжение, действующее на резисторе R_5 автоматического смещения. По переменному току резистор смещения заблокирован конденсатором C_8, что устраняет отрицательную обратную связь в выходном каскаде.

На шасси одолампового приемника ты оставил место для усилителя низкой частоты: теперь укрепи здесь ламповую панель и, руководствуясь рис. 291, смонтируй усилитель. Детали старайся группировать возле ламповой панели. Цепь управляющей сетки должна быть возможно короче и в то же время удалена от анодной цепи, иначе между этими цепями может возникнуть паразитная связь и усилитель самовозбудится.

Резистор утечки сетки R_4 и переходный конденсатор C_7 припаяй непосредственно к лепестку панели лампы $Л_2$. Ко второму выводу конденсатора C_7 припаяй нагрузочный резистор R_3 и конденсатор C_6. Сюда же припаяй и проводник цепи обратной связи, который в одноламповом приемнике шел к телефону. Если этот узел окажется нежестким, используй монтажную стойку. Освободившееся гнездо телефона соедини с анодом выходной лампы. Приемник стал двухламповым. Теперь гнезда, предназначавшиеся ранее для телефона, стали гнездами громкоговорителя.

Закончив монтаж приемника, сверь его с принципиальной схемой. Если ошибок нет, а детали исправны, приемник будет работать без какого-либо налаживания.

А теперь несколько дополнительных практических советов В детекторном каскаде приемника вместо лампы 6Ж8 можно использовать пентоды 6Ж7, 6Ж1П, 6Ж4П, а также пентодные части ламп 6Б8С, 6Б8П, а в выходном каскаде, кроме лампы 6С5С, — триоды 6С1П, 6С2П, 6С2С или такой же пентод, как в первом каскаде, но включив его триодом (соединить вместе анод и экранирующую сетку). Производя замену ламп, учитывай цоколевку новых ламп.

В приемник можно ввести регулятор громкости, заменив постоянный резистор R_4 утечки сетки выходной лампы переменным такого же сопротивления, а также регулятор тембра уже известным тебе способом (см. рис. 215).

В колебательном контуре можно использовать любую другую катушку, а регулирование обратной связи осуществлять переменным резистором. В этом случае катушку обратной связи, состоящую из 50—60 витков провода 0,15—0,2 *мм* в любой изоляции, намотай равномерно поверх контурной катушки. Переменный резистор сопротивлением 5—10 *ком* включай по схеме на рис. 224, *а*. Его можно разместить между переключателем диапазонов и выходными гнездами приемника.

Можно, разумеется, повысить выходную мощность приемника, используя соответствующие лампы, смонтировать его вместе с выпрямителем, как это сделано в приемниках, о которых я еще расскажу в этой беседе, но тогда он утратит простоту.

Напоминаю: пользуясь приемником с обратной связью, не оставляй его в режиме генерации, не засоряй эфир помехами, не будь «свиньей в эфире», как радиолюбители называют владельцев генерирующих приемников.

Приемник-радиоточка

В пятнадцатой беседе я рекомендовал тебе смонтировать транзисторный приемник-радиоточку. Нельзя ли подобный приемник сделать на электронных лампах? Конечно, можно!

Принципиальная схема такого приемника изображена на рис. 292. Он является разновидностью предыдущего приемника, но с диодным детектированием и без обратной связи. Смонтировать его можно в футляре трансляционного громкоговорителя. Отметим только некоторые особенности приемника.

Колебательный контур, образуемый катушкой L_1, конденсатором C_2 и антенным устройством, постоянно настроен на местную радиовещательную станцию. Настройка контура на волну этой радиостанции осуществляется подбором индуктивности катушки L_1 и емкости конденсатора C_2. Модулированные колебания вы-

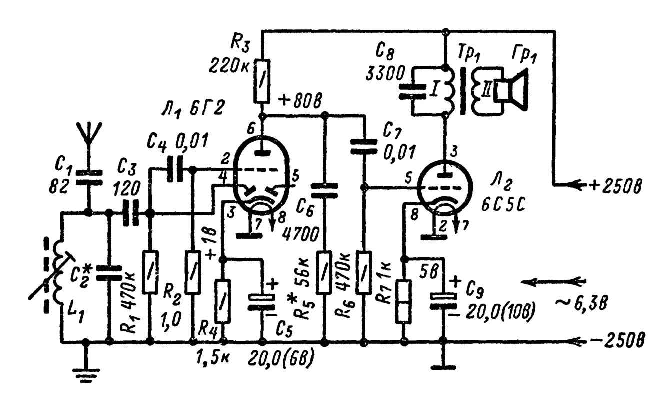


Рис. 292. Принципиальная схема приемника-радиоточки.

сокой частоты, возникающие в контуре, через конденсатор C_3 поступают на анод диода лампы $Л_1$ и детектируются этим диодом. Нагрузкой цепи диода служит резистор R_1. С него колебания низкой частоты через конденсатор C_4 подаются на управляющую сетку лампы $Л_1$ и усиливаются лампой. Что происходит далее с колебаниями низкой частоты, ты разберешься сам.

В первом каскаде этого приемника роль конденсатора C_3 иная, чем в сеточном детекторе. В данном случае он является разделительным: через него к диоду свободно проходят высокочастотные колебания, но он не пропускает колебаний низкой частоты, получающиеся в цепи диодного детектора, которые должны идти на управляющую сетку лампы.

Почему в этом приемнике рекомендуется диодное детектирование? А потому, что диодный детектор вносит меньше искажений, чем сеточный. Сеточный детектор хорош тем, что он позволяет ввести обратную связь, повышающую чувствительность и избирательность приемника. Но при приеме передач близко расположенной или мощной отдаленной радиовещательной станции обратная связь не дает большого эффекта. В таких случаях целесообразнее применять диодное детектирование. Усиление при этом несколько снижается, но зато улучшается качество приема.

Параллельно анодной цепи триода первой лампы, являющегося предварительным усилителем низкой частоты, включена цепочка из конденсатора C_6 и резистора R_5, улучшающая тембр звука. Желательный тембр звука устанавливают при налаживании приемника подбором резистора R_5: чем меньше его сопротивление, тем заметнее «срезаются» наиболее высокие звуковые частоты, тем «басистее» звук.

Емкости конденсаторов и сопротивления резисторов, а также режимы работы ламп указаны на принципиальной схеме. Конденсаторы C_1, C_2, C_3 и C_8 — керамические или слюдяные, остальные — бумажные. Электролитические конденсаторы на рабочее напряжение 10—20 *в*. Емкость конденсатора C_2 в пределах до 560 *пф* придется подобрать опытным путем при настройке контура.

Число витков катушки должно соответствовать тому диапазону волн, в котором работает местная радиостанция.

Для приемника подойдет любой абонентский громкоговоритель электродинамической системы с его согласующим трансформатором, который используется как выходной, и регулятором громкости. Важно лишь, чтобы в его корпусе нашлось место для размещения монтажной панели приемника.

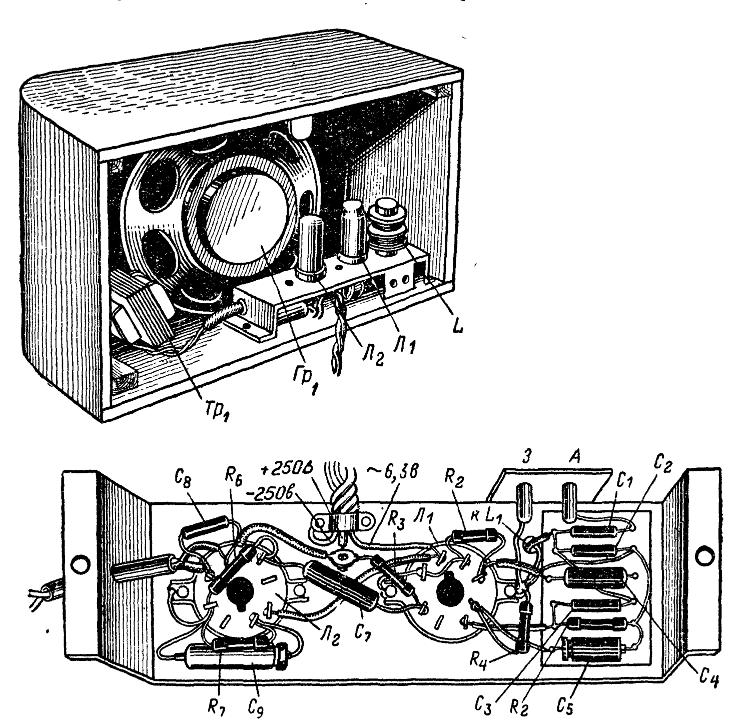


Рис. 293. Монтаж приемника-радиоточки.

Одна из возможных конструкций такого приемника показана на рис. 293. Детали приемника смонтированы на П-образной панели примерно таких размеров: ширина 45, длина 130 и высота 25 *мм*. Панель прикреплена ко дну футляра шурупами. Анодная цепь выходной лампы соединена с первичной обмоткой трансформатора двумя изолированными проводниками. С блоком питания приемник соединяется тремя изолированными проводниками, свитыми жгутом.

Панель приемника сделай из листовой ста́ли, алюминия или дюралюминия толщиной 1,5—2 *мм*. Советую сначала вырезать из картона или толстой бумаги выкройку панели, подогнать ее по футляру громкоговорителя и разместить на ней все детали, чтобы уточнить размеры и расположение отверстий. Металлическую панель вырезай и изгибай по этой выкройке.

Укрепляя ламповые панели, под гайки болтов подложи жестяные контактные лепестки. К ним будешь припаивать детали и монтажные проводники, кото-

рые должны соединяться с землей. Конденсаторы и резисторы входных цепей располагай на монтажной планке возле панели первой лампы. Проводники питания укрепи на панели при помощи жестяного хомутика. Остальные конденсаторы и резисторы припаивай непосредственно к контактным лепесткам ламповых панелей, заземленным лепесткам, не наращивая их выводов. В качестве опорных монтажных точек можно использовать лепестки ламповых панелей, свободные от выводов электродов ламп. В описываемом приемнике роль такой опорной точки выполняет, например, вывод четвертого гнезда панельки выходной лампы.

В колебательном контуре приемника использована катушка с подстроечным сердечником, о которой рассказывалось в девятой беседе (рис. 159). Но ею может быть и простейший вариометр—катушка с подстроечной секцией (рис. 158).

Налаживание приемника сводится в основном к настройке колебательного контура и подбору наиболее приятного тембра звука. Грубая настройка контура на частоту радиостанции достигается подгонкой емкости конденсатора C_2, включаемого в контур, а точная — изменением индуктивности катушки. Точность настройки контура определяется по наибольшей громкости работы приемника.

Если для контура будешь использовать катушку с отрезком ферритового стержня — такую как в аналогичном транзисторном приемнике (рис. 262), то подбери сначала емкость конденсатора C_2, а затем подстраивай контур перемещением катушки на ее сердечнике.

Если в твоем районе хорошо слышна не одна, а две радиостанции, приемник можно дополнить еще одним контуром, настроенным на волну второй станции, и переключателем, при помощи которого в цепь диода первой лампы можно будет включать любой из этих контуров. Получится двухпрограммный приемник.

Вообще же ты можешь внести в приемник ряд других изменений и дополнений. Например, использовать в приемнике пальчиковые лампы, а для детектирования применить точечный полупроводниковый диод. В том же корпусе громкоговорителя можно разместить и выпрямитель, собранный на диодах с малогабаритным трансформатором питания. Кроме того, приемник и выпрямитель можно смонтировать на общей панели с отверстием под головку громкоговорителя, чтобы укрепить панель в вертикальном положении. Усилитель приемника можно использовать и для воспроизведения грамзаписи, подключая звукосниматель параллельно резистору R_2.

Решай сам, как интереснее и лучше сделать.

Один вопрос: можно ли громкоговоритель нашего приемника использовать по прямому его назначению — включать в трансляционную сеть? Можно, конечно. Для этого надо только иметь в приемнике переключатель, которым первичную обмотку трансформатора можно было подключать к анодной цепи выходной лампы либо соединять со шнуром, идущим к штепсельной розетке радиотрансляционной сети.

О повышении чувствительности и избирательности приемника

Когда дают оценку тому или иному приемнику, имеют в виду не только громкость и естественность звука, воспроизводимого громкоговорителем, что определяется главным образом схемой и качеством работы усилителя низкой частоты, но и такие его параметры, как избирательность и чувствительность.

Под термином «избирательность» подразумевают способность приемника выделять из всех колебаний высокой частоты, возникающих в его антенне, колебания только той частоты, на которую он настроен. Когда приемник четко выделяет станцию, на которую он настроен, о нем говорят, как о приемнике с хорошей избирательностью. Если при приеме какой-то станции прослушиваются другие, близкие по частоте радиостанции или, как говорят, станции соседнего канала, о таком приемнике говорят, что его избирательность плохая или недостаточно хорошая.

Повышение избирательности достигается уменьшением емкости антенного конденсатора, увеличением числа колебательных контуров, настраиваемых на частоту радиостанции. Так, например, если в цепь управляющей сетки лампы, работающей в режиме сеточного детектирования, включить настраиваемый контур, индуктивно связанный с антенным настраиваемым контуром, то избирательность приемника возрастает.

Второй качественный показатель приемника — чувствительность — характеризует способность его «отзываться» на слабые сигналы отдаленных станций. Если приемник не реагирует на сигналы отдаленных станций, о таком приемнике говорят, что он обладает малой или плохой чувствительностью. Если же он принимает большое число отдаленных и маломощных станций, говорят, что этот приемник обладает хорошей чувствительностью.

Чувствительность приемника зависит от качества антенны и заземления, используемых в нем радиолампа и их режимов работы. Приемник с обратной связью, например, значительно чувствительнее такого же приемника без обратной связи. Обратная связь, кроме того, повышает и избирательность приемника. Но тот же приемник станет еще более чувствительным и избирательным, если перед детектором будет усилитель высокой частоты с настраивающимися колебательными контурами. Так ведь было и в транзисторных приемниках, только там настраиваемые контуры были лишь во входных цепях.

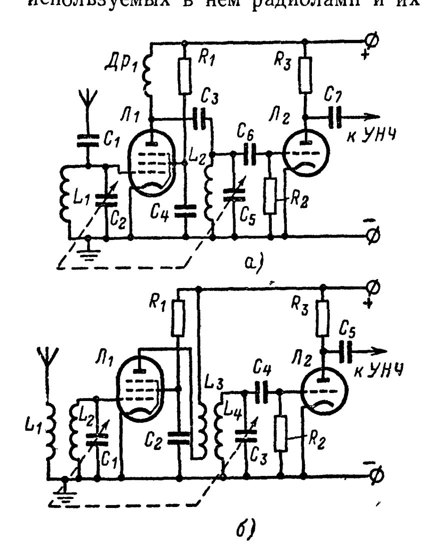


Рис. 294. Упрощенные схемы усилителей высокой частоты.

На рис. 294 приведены две упрощенные схемы наиболее распространенных усилителей высокой частоты на пентоде. В обоих случаях лампы $Л_2$ работают в режиме сеточного детектирования. Создающиеся в их анодных цепях электрические колебания звуковой частоты подаются к дополнительным усилителям низкой частоты (УНЧ), которые на схемах не показаны. Левые части схем — каскады усиления высокой частоты.

Рассмотрим сначала работу усилителя по схеме на рис. 294, *а*. Здесь принятые антенной модулированные колебания высокой частоты поступают через конденсатор C_1 в контур L_1C_2. Лампа $Л_1$ усиливает эти колебания. В ее анодную цепь, связанную конденсатором C_3 с контуром L_2C_5 детекторного каскада, включен дроссель высокой частоты $Др_1$. Дроссель оказывает переменному току большое сопротивление, благодаря чему на этом участке цепи анодный ток разделяется на постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая идет через дроссель, а высокочастотная — через конденсатор C_3 в контур L_2C_5. При одновременной настройке обоих контуров на частоту принимаемой станции в контуре L_2C_5 получаются во много раз более сильные колебания высокой частоты, чем во входном контуре. Эти колебания детектируются лампой $Л_2$ и с ее анодной нагрузкой R_3 подаются через конденсатор C_7 на вход усилителя низкой частоты.

Конденсатор C_3 — разделительный конденсатор. Если он будет пропускать постоянный ток, источник питания анодных цепей окажется замкнутым через дроссель $Др_1$ и катушку L_2 — приемник работать не будет, а дроссель и катушка могут испортиться. Емкость этого конденсатора может быть в пределах 270—510 *пф*.

Теперь об усилителе по схеме на рис. 294, *б*. Здесь антенна, заземление и катушка L_1 образуют входной апериодический, т. е. ненастраивающийся, колеба-

тельный контур. Индуктивность катушки L_1 подбирают такой, чтобы собственная частота этого контура была ниже самой низкой частоты данного диапазона. Катушка L_1 и индуктивно связанная с нею катушка L_2 образуют трансформатор высокой частоты. Проходящие через антенную катушку L_1 токи высокой частоты возбуждают вокруг нее переменные магнитные поля, которые индуцируют в катушке L_2 колебания различных частот. В контуре же L_2C_1 наибольшую амплитуду имеют колебания лишь той частоты, на которую он настроен в резонанс.

В анодную цепь лампы $Л_1$ включена катушка L_3, тоже образующая с катушкой L_4 второго колебательного контура трансформатор высокой частоты. Протекающий по анодной катушке ток высокой частоты возбуждает в катушке L_4 детекторного контура колебания точно такой же частоты. Лампа $Л_2$ детектирует эти колебания.

Подведем итог. В обоих приемниках модулированные высокочастотные колебания усиливаются первым каскадом, а затем детектируются лампой второго каскада. В первом приемнике связь антенны с колебательным контуром усилителя высокой частоты и усилителя с детекторным — емкостная, а во втором — индуктивная. Входная часть первого приемника проще, второго — сложнее, но ее избирательность лучше.

Каскад усиления высокой частоты повышает чувствительность приемника, а применение в нем настраиваемого колебательного контура улучшает его избирательность. Однако этими качествами приемник будет обладать только в том случае, если оба колебательных контура будут одновременно и точно настраиваться на частоту сигнала радиостанции. Чтобы производить одновременную настройку обоих контуров, в них используют совершенно одинаковые конденсаторы переменной емкости, роторы которых имеют общую ось (на рис. 294 условно показано штриховыми линиями), благодаря чему емкости этих конденсаторов изменяются одинаково.

Чувствительность и избирательность приемника можно улучшить, если добавить второй каскад усиления высокой частоты. Однако радиолюбители обычно ограничиваются одним каскадом, так как налаживание двухкаскадного высокочастотного усилителя связано с большими трудностями.

Приемник с каскадом усиления высокой частоты будет твоим следующим шагом в практическом освоении ламповой радиоприемной аппаратуры.

Приемник 1-V-1

Этот приемник трехламповый, трехкаскадный с обратной связью, однодиапазонный, с выходной мощностью около 2 *вт*. Выбор диапазона волн зависит от местных условий. Но приемник может быть двухдиапазонным, а его усилитель низкой частоты использован для воспроизведения грамзаписи, о чем расскажу несколько позже.

Итак, сетевой приемник прямого усиления 1-V-1. Его принципиальную схему ты видишь на рис. 295. В каскаде усиления высокой частоты и детекторном каскаде работают пентоды 6Ж3П, а в выходном каскаде — лучевой тетрод 6П1П. Питание анодно-экранных цепей ламп осуществляется от двухполупериодного выпрямителя на плоскостных диодах ($Д_1$ — $Д_4$), включенных по мостовой схеме, а нити накала ламп — от понижающей обмотки *III* трансформатора питания. Лампочка $Л_4$ — сигнальная, на напряжение 6,3 *в*.

Входной настраиваемый колебательный контур каскада усиления высокой частоты образуют катушка индуктивности L_2, конденсатор переменной емкости C_3 и подстроечный конденсатор C_2. Связь этого контура с антенной индуктивная, через катушку L_1 антенной цепи, образующую с катушкой L_2 высокочастотный трансформатор. Такая связь контура с антенной обеспечивает более равномерную передачу сигнала из антенны в контур по всему диапазону, чем при емкостной связи, как это было в предыдущих приемниках. Конденсатор C_1 выполняет вспомогательную работу — защищает вход приемника на случай соединения антенны с проводами электросети.

Модулированные колебания высокой частоты, на которые настроен контур $L_2C_2C_3$, усиливаются лампой $Л_1$, и из ее анодной цепи, в которую включен нагрузочный резистор R_2, через конденсатор C_6 поступают во второй настраиваемый колебательный контур $L_3C_8C_9$ детекторного каскада, аналогичный первому. При помощи конденсатора C_{10} и резистора R_4 модулированные колебания детектируются лампой $Л_2$. Резистор R_5 и конденсатор C_7 образуют ячейку развязывающего фильтра каскада высокой частоты, предотвращающую самовозбуждение приемника через анодные цепи ламп.

С целью повышения чувствительности и избирательности приемника в детекторный каскад введена положительная обратная связь через катушку L_4, включенную в анодную цепь лампы $Л_2$ и индуктивно связанную с катушкой L_3 контура $L_3C_8C_9$. Обратная связь регулируется переменным резистором R_6, включенным параллельно катушке обратной связи L_4. Наибольшая величина обратной связи будет, когда движок резистора R_6 находится в нижнем (по схеме) положении. Конденсаторы C_{11} и C_{13}, блокирующие анодную цепь лампы $Л_2$ по высокой частоте, улучшают действие обратной связи.

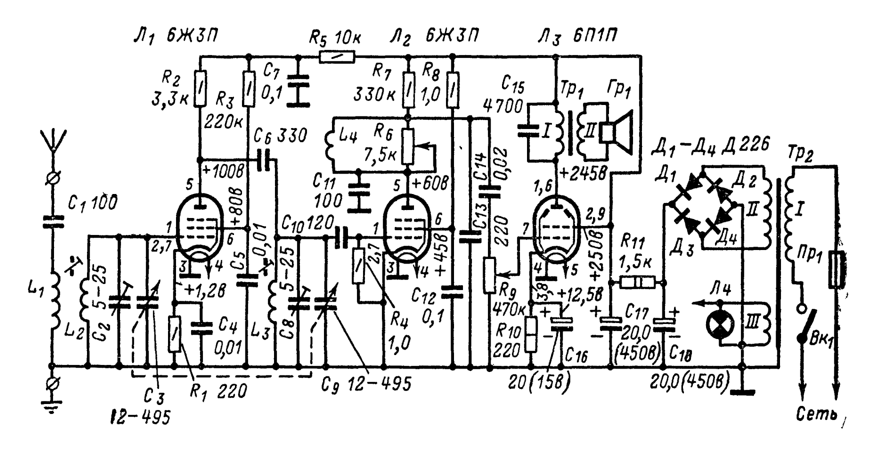


Рис. 295. Принципиальная схема приемника 1-V-1.

Низкочастотная часть приемника хорошо знакома тебе по усилителю для воспроизведения грамзаписи (см. схему на рис. 212), только там регулятор громкости был в цепи управляющей сетки первой лампы усилителя, а здесь он (R_9) стоит в цепи управляющей сетки выходной лампы.

Лампа $Л_1$ получает отрицательное напряжение смещения с резистора R_1 через катушку L_2, а лампа $Л_3$ — с резистора R_{10} через резистор R_9. Лампа $Л_2$ работает без начального отрицательного смещения.

Какова роль подстроечных конденсаторов C_2 и C_8? Они нужны для выравнивания начальных емкостей обоих настраиваемых колебательных контуров приемника.

Внешний вид и схема размещения шасси и громкоговорителя в корпусе приемника могут быть такими, как показанные на рис. 296. Корпус представляет собой прочную четырехстенную коробку, склеенную из толстой фанеры или досок. Спереди на планках, приклеенных к внутренним сторонам стенок, укреплены акустическая доска с громкоговорителем и фальшпанель, выпиленная из листового гетинакса, цветного органического стекла или, в крайнем случае, из фанеры с гладкой поверхностью или электротехнического картона. Через отверстия в фальшпанели проходят оси резисторов-регуляторов громкости обратной связи, оси верньерного механизма настройки приемника. Через прорезь в фальш-

панели видна шкала со стрелкой на фоне подшкальника. Акустическая доска с лицевой стороны затянута декоративной тканью.

Примерные размеры корпуса приемника 350×250×200 *мм*, шасси — 200×120×30 *мм*.

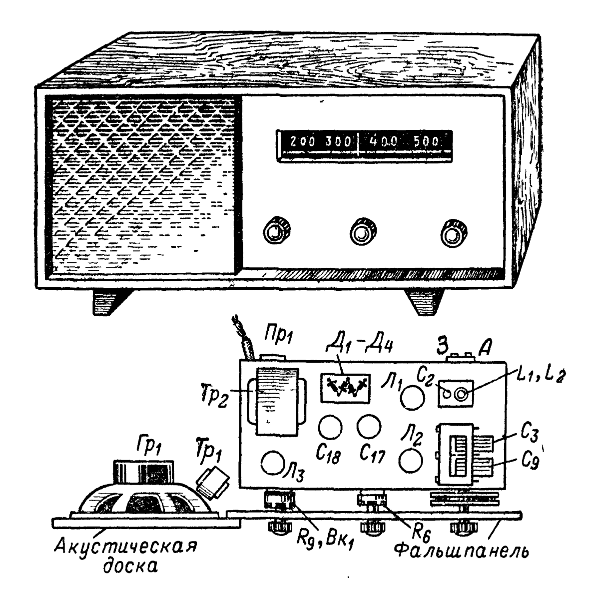


Рис. 296. *Внешний вид и схема размещения деталей* приемника 1-V-1 на шасси и в корпусе.

Для настройки колебательных контуров используй двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости с наименьшей емкостью 12 *пф* и наибольшей 495 *пф*. Подойдет блок КПЕ от любого лампового радиовещательного приемника.

Катушки индуктивности самодельные (рис. 297) и рассчитаны на прием радиостанций средневолнового диапазона. Роль их каркасов выполняют отрезки

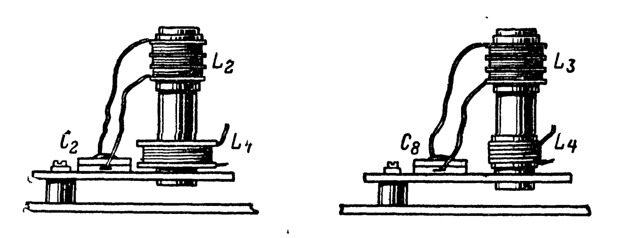


Рис. 297. Катушки приемника 1-V-1.

круглого ферритового стержня диаметром 8 *мм* и длиной по 30—35 *мм*, вставленные в отверстия в гетинаксовых пластинках и приклеенных к ним клеем БФ-2. Катушки L_1, L_2 и L_3 намотаны на шпульках, а L_4 — на гильзе, склеенных из плотной бумаги. Шпульки и гильза должны с небольшим трением перемещаться по стержням, чтобы можно было изменять взаимосвязь между катушками и их индуктивность. Катушка L_1 должна содержать 200—220 витков, намотанных

«внавал», катушки L_2 и L_3 — по 70—80 витков, намотанных тремя секциями по равному числу витков в каждой секции, а катушка L_4 — 20—25 витков, уложенных на гильзу в один слой. Для всех катушек желательно использовать провод ПЭЛШО 0,12—0,15, но можно ПЭВ или ПЭЛ такого же диаметра.

Рядом с катушками на гетинаксовых пластинках находятся подстроечные конденсаторы типа КПК-1 с максимальной емкостью 25—30 *пф*.

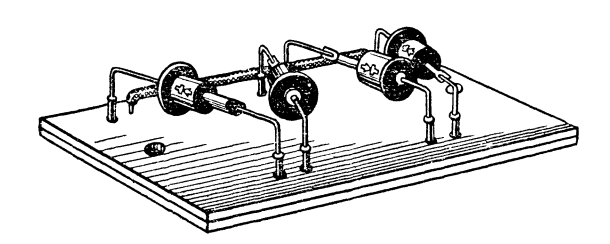


Рис. 298. Монтаж диодов выпрямителя.

Для приема радиостанций длинноволнового диапазона катушка L_1 должна содержать 350—400 витков, L_2 и L_3 — по 220—230 витков, а катушка L_4 — 35—40 витков такого же провода.

Катушки входных цепей располагай на шасси возле лампы и секции блока КПЕ каскада усиления высокой частоты, а катушки детекторного каскада в подвале шасси на боковой стенке под секцией КПЕ этого каскада.

Трансформатор питания тоже самодельный. Для него надо использовать сердечник с площадью сечения не менее 5,5 *см*^{2} (например, УШ16×35). О расчете чисел витков в обмотках мы говорили тебе в десятой беседе. Можно, конечно, использовать и готовый трансформатор питания, например от приемника «Рекорд-53» или другой аналогичный трансформатор.

Возле трансформатора питания — диоды выпрямителя, размещенные на монтажной планке (рис. 298).

Громкоговоритель приемника электродинамического типа мощностью 1—3 *вт* со звуковой катушкой сопротивлением 5—8 *ом*, например, типа 1ГД-18, 2ГД-28 или им подобный. Выходной трансформатор может быть готовым, например от телевизоров «Старт-3», «Рубин-102», от приемников «Рекорд», «Балтика», «Октава». Его можно укрепить на диффузородержателе громкоговорителя или на акустической доске.

Рис. 299. Крепление переменного резистора.

Переменные резисторы регулировки громкости (с выключателем питания) и обратной связи укреплены на шасси с помощью кронштейнов (рис. 299). Кронштейны согнуты из полос дюралюминия или листовой стали и приклепаны к передней стенке шасси.

Настройка приемника осуществляется с помощью верньерного механизма, замедляющего вращение оси блока КПЕ. Этот механизм (рис. 300) представляет собой шкив диаметром 80—85 *мм* и ось, связанные тросиком — прочной крученой ниткой или рыболовной леской. Шкив насажен на ось КПЕ. Из-за большой разницы в диаметрах шкива и оси верньера ось КПЕ поворачивается с большим замедлением, что позволяет очень точно настраивать приемник на радиостанции.

Перед шкивом верньерного механизма — подшкальник с лапками, вырезанный из жести и прикрепленный к фальшпанели с внутренней стороны. По краям подшкальника имеются ролики, посаженные на оси, припаянные к подшкальнику. Через ролики и ось верньера перекинут тросик с проволочной стрелкой-указателем шкалы настройки. Вращаешь ось верньера — одновременно изме-

няются емкость секций КПЕ и положение стрелки шкалы приемника. Сама шкала — это полоска прозрачного органического стекла с начерченными делениями и цифрами длин волн радиостанций, которая прикреплена к фальшпанели против прореза в ней.

Шкив верньера состоит из двух кружков диаметром 85 *мм* и одного кружка диаметром 80 *мм*. Выпили их из фанеры, склей и высуши под грузом, чтобы они не коробились. В готовом шкиве сделай радиальный пропил шириной 8—10 и глубиной 30—32 *мм*. Концы тросика, охватывающего ось верньера, будешь закреплять на металлической скобочке в глубине выреза в шкиве: один — непосредственно, другой — через пружину или резинку. Пружина или резинка будут сохранять необходимое натяжение тросика.

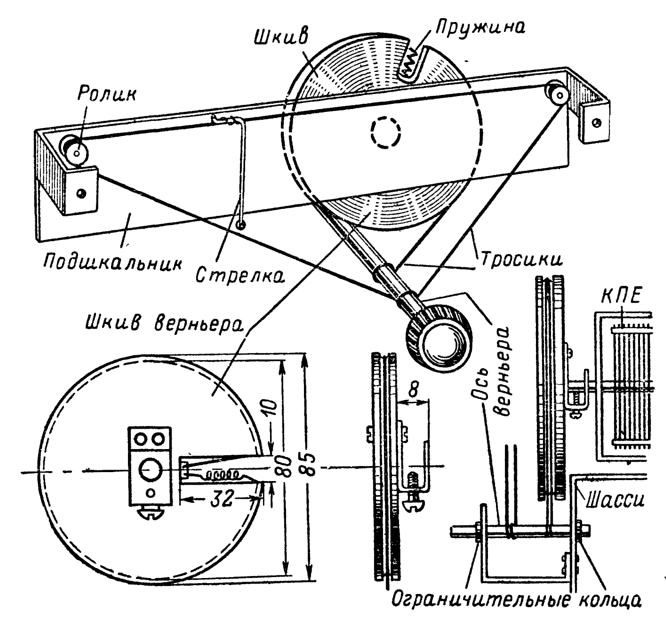


Рис. 300. Верньерный механизм.

Точно в центре шкива просверли примерно до половины его толщины отверстие, в которое бы плотно входила ось КПЕ. К этой же стороне шкива привинти металлическую скобу с таким же отверстием и зажимным винтом. С помощью этой скобы шкив верньерного механизма будет надежно соединен с осью блока КПЕ.

Осью верньера может быть металлический пруток или гвоздь диаметром 5—6 *мм*. Она должна вращаться в отверстиях в передней стенке шасси и приклепанной к ней скобе (см. рис. 300 справа внизу). Чтобы не было продольного смещения оси, припаяй к ней ограничительные проволочные кольца.

Подшкальник сделай из жести. Ролики для тросика следует выточить из дюралюминия или пластмассы. Осями роликов могут служить винты, пропущенные через подшкальник и припаянные к нему. Стрелкой служит проволока с грузиком, оттягивающим ее вниз. Подшкальник покрась белой краской, чтобы на этом фоне хорошо выделялась стрелка. Если приобретешь блок КПЕ со шкивом верньера и подшкальником, твоя работа по изготовлению приемника упростится.

Горизонтальную панель и переднюю стенку шасси сделай из листового дюралюминия или мягкой листовой стали толщиной 1—1,5 *мм*. Боковые и задняя

стенки шасси могут быть дощатыми или из фанеры толщиной 8—10 *мм*. Вообще же желательно, чтобы шасси было цельнометаллическим и служило общим заземленным проводником приемника и экраном между деталями, размещенными сверху и в подвале шасси.

Советую сначала составить монтажную схему и в соответствии с ней расположить на бумаге основные детали приемника, наметить все отверстия и только после этого, уже по шаблону, приняться за изготовление шасси.

Сборку и монтаж приемника целесообразно делать в таком порядке. Сначала укрепи на шасси ламповые панели, трансформатор питания, диоды и электролитические конденсаторы блока питания, затем переменные резисторы, ось верньера, гнезда (или зажимы) антенны и заземления, предохранитель с защитным кожухом. Катушки колебательных контуров с подстроечными конденсаторами и блок КПЕ крепи в последнюю очередь, может быть, даже после того, как испытаешь усилитель низкой частоты Сделай все соединения, которые заведомо не при-

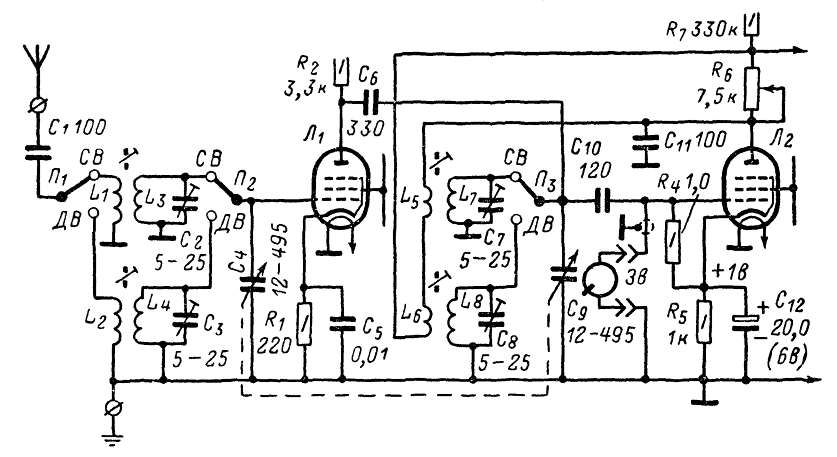


Рис. 301. Схема двухдиапазонного варианта приемника.

дется изменять. К ним относятся, например, соединения элементов цепи накала и катодов ламп. Проверь, надежны ли соединения сердечника трансформатора питания, корпусов переменных резисторов и блока КПЕ с панелью шасси, не замыкается ли на шасси гнездо антенны. Затем монтируй выпрямитель, детали выходного и детекторного каскадов и заканчивай монтажом каскада усиления высокой частоты.

Ламповые панели крепи на шасси с таким расчетом, чтобы проводники сеточных и анодных цепей каждого каскада были по возможности удалены друг от друга и не проходили параллельно. Иначе между этими цепями может возникнуть паразитная связь, которая приведет к самовозбуждению приемника. Проводники сеточных цепей должны быть предельно короткими. Стремись и к тому, чтобы все детали, относящиеся к данному каскаду, были сгруппированы около панели его лампы. Но в то же время избегай нагромождения деталей. Значительную часть резисторов и конденсаторов располагай на монтажных планках.

Сверху и в подвале шасси окажутся свободные от деталей места Тебя это сейчас не должно волновать — они заполнятся, когда ты станешь превращать этот приемник в супергетеродин.

Какие дополнения надо внести в приемник, чтобы он стал двухдиапазонным и его усилитель низкой частоты можно было бы использовать для воспроизведения грамзаписи?

Часть схемы двухдиапазонного варианта приемника 1-V-1 с входом для звукоснимателя показана на рис. 301. Высокочастотная часть, как видишь, отли-

чается от схемы однодиапазонного приемника только тем, что увеличилось число катушек и добавился переключатель диапазонов. Здесь L_1, L_3, L_5 и L_7 — катушки средневолнового диапазона, а L_2, L_4, L_6 и L_8 — катушки длинноволнового диапазона. Когда в цепи управляющих сеток ламп включены контурные катушки одного из диапазонов, катушки контуров другого диапазона в работе приемника участия не принимают. Исключение составляют лишь две последовательно соединенные катушки обратной связи L_5 и L_6, постоянно включенные в анодную цепь лампы детекторного каскада и индуктивно связанные с соответствующими им контурными катушками. Когда приемник настраивается в диапазоне средних волн, контурная катушка L_7 получает дополнительную энергию из анодной цепи лампы через катушку L_5, а при настройке приемника в длинноволновом диапазоне катушка L_8 этого диапазона получает энергию через ее катушку обратной связи L_6. Величина обратной связи в обоих диапазонах регулируется тем же переменным резистором R_6.

Конструкции катушек колебательных контуров остаются такими, как и для однодиапазониого приемника. Катушки обоих диапазонов с их подстроечными конденсаторами усилителя высокой частоты и детекторного каскада следует монтирозать на общих панелях и размещать возле ламп их каскадов.

Переключатель диапазонов может быть любым, лишь бы он одновременно переключал катушки. Желательно, однако, использовать готовый двухплатный переключатель диапазонов (рис. 302). На каждой его плате смонтированы три переключателя, имеющие по три замыкающих контакта каждый. А всего на двух платах имеется шесть таких переключателей, действующих одновременно. Переключения с одного положения на другое осуществляются поворотом оси. В приемнике прямого усиления будут работать только некоторые группы контактов такого переключателя. В дальнейшем же будут использованы почти все контактные группы переключателя диапазонов.

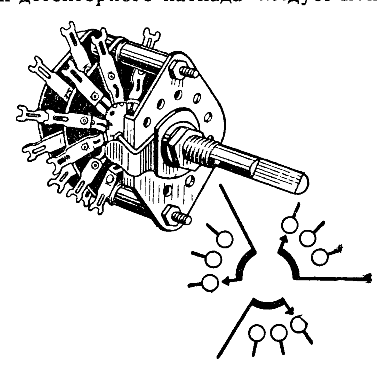


Рис. 302. Двухплатный переключатель диапазонов.

Сам переключатель укрепи на стойках в подвале шасси возможно ближе к контурным катушкам. Одну из его плат (ближнюю к передней стенке шасси) используй для переключения катушек детекторного каскада, а вторую — для переключения входных катушек. Ось переключателя придется удлинить, чтобы вывести ее через фальшпанель приемника, а регулятор обратной связи переместить в сторону регулятора громкости, чтобы все ручки управления приемником были на равном расстоянии.

Чтобы приемник использовать для воспроизведения грамзаписи, в цепь катода лампы $Л_2$ надо включить (см. рис. 301) резистор автоматического смещения R_5 и зашунтировать его электролитическим конденсатором C_{12}, а нижний (по схеме) вывод сеточного резистора R_4 соединить с катодом лампы. Во время приема радиовещательных станций эта лампа работает как сеточный детектор. В это время на ее управляющую сетку постоянное отрицательное напряжение смещения не подается, так как она соединена через резистор R_4 с катодом, а не с общим минусом, как было в однодиапазонном приемнике. Когда же в гнезда *Зв* включается электромагнитный звукосниматель, сетка лампы $Л_2$ оказывается соединенной с нижним концом резистора R_5 и на сетке получается отрицательное смещение, равное падению напряжения на резисторе R_5. В этом случае лампа $Л_2$ работает как предварительный усилитель напряжения низкой частоты. При этом катушки обратной связи не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на работу каскада. Но стоит отключить звукосниматель, как лампа $Л_2$ вновь начинает выполнять функции сеточного детектора.

Учти: если звукосниматель пьезоэлектрический, к его выводным штырькам надо подключать резистор сопротивлением 470—510 *ком*, иначе лампа будет работать без смещения.

Гнезда для включения звукоснимателя размещай на задней стенке шасси.

Монтируя приемник с такими дополнениями, думай об экранировке — ограждении проводников и деталей приемника от взаимной связи через образующиеся вокруг них электрические и магнитные поля. Без экранирования приемник будет склонен к самовозбуждению, появится фон переменного тока. Представь себе, что в цепи управляющей сетки лампы $Л_2$, удлиненной в связи с добавлением второго каскада и гнезд для звукоснимателя, будет наводиться небольшое переменное напряжение от воздействия на него полей проводников сети или трансформатора питания. Это напряжение вместе с колебаниями звуковой частоты будет усилено двумя каскадами. В результате в громкоговорителе будет слышен сильный гул — фон переменного тока. Если в проводниках той же цепи лампы $Л_2$, под воздействием на них полей анодных проводников выходной лампы, будет наводиться переменное напряжение звуковой частоты, то создастся паразитная обратная связь, которая может привести к самовозбуждению приемника по низкой частоте. Желательно экранировать проводники цепей управляющих сеток второй и третьей ламп и совершенно обязательно — проводник, идущий к управляющей сетке лампы $Л_2$ от незаземленного гнезда звукоснимателя. Для монтажа таких цепей используй проводники в металлических оболочках, которые соединяй с общим заземлением проводником.

Какие еще изменения или дополнения можно внести в трехламповый приемник?

В приемник можно ввести регулятор тембра по любой из тех схем, о которых разговор был в двенадцатой беседе. Можно отказаться от положительной обратной связи, если не претендуешь на прием отдаленных станций. Поначалу приемник может быть без усилителя высокой частоты (в этом случае антенна через конденсатор небольшой емкости присоединяется непосредственно к контуру детекторного каскада), а несколько позже можно добавить высокочастотный усилитель.

Если у тебя будут затруднения с громкоговорителем и деталями для выходного каскада, временно исключи его, а передачи слушай на высокоомный телефон, включая его в анодную цепь второй лампы (вместо резистора R_7).

Трехламповый приемник, о котором сейчас шел разговор, — довольно сложная конструкция. В ее схеме можно и «запутаться». Поэтому рекомендую вычертить схему на большом листе бумаги, учтя все изменения и дополнения, и повесить ее на стене или положить перед собой на стол. Во время монтажа помечай на схеме вмонтированные детали и сделанные соединения какими-либо условными знаками, например обводи их кружочками. Это поможет избежать недоделок, будет способствовать плановости в работе.

Испытывать и налаживать приемник следует, конечно, до того, как он будет помещен в корпус. Тщательно проверь монтаж по принципиальной схеме. Включив питание, проверь высокоомным вольтметром напряжения на электродах ламп. Величины этих напряжений, измеренные по отношению к заземленному проводнику, указаны на принципиальной схеме. Напряжения смещений измеряй на концах тех резисторов, которые для этой цели включены в катодные цепи ламп. Если фактические напряжения на электродах ламп будут значительно отличаться от указанных в схеме (более чем на 20%), изменяй сопротивления резисторов, влияющих на эти напряжения.

Установив нормальный режим, подключи к приемнику антенну и заземление и настрой его на радиостанцию, работающую в длинноволновой части диапазона. Изменением индуктивностей контуров катушек этого диапазона добейся наибольшей громкости приема. Затем настрой приемник на радиостанцию, работающую в коротковолновой части того же диапазона и вращением подстроечных конденсаторов также добейся наибольшей громкости приема. Если приемник двухдиапазонный, то подобным способом подстрой в резонанс контуры другого диапазона. После этого проверь действие обратной связи.

Более подробно о налаживании приемников прямого усиления я расскажу в следующей беседе.

Дополнительные практические советы

Для рекомендуемых здесь радиоприемников были даны конкретные указания по конструкции и о данных катушек колебательных контуров. Однако использование в них именно таких катушек вовсе не обязательно. Настраивать контур в пределах того или иного диапазона можно, также применяя катушки других конструкций, в том числе промышленного изготовления. В приемнике 1-V-1, например, можно использовать входные катушки от радиовещательных приемников. Во всех случаях предпочтение надо отдавать катушкам с сердечниками. Применение сердечников повышает качество контуров, уменьшает размеры катушек и, кроме того, облегчает подстройку контуров в резонанс в конце диапазонов.

Может случиться, что в твоем хозяйстве будет только одинарный конденсатор переменной емкости, а для трехлампового приемника нужны два конденсатора, к тому же спаренные. В этом случае до приобретения блока КПЕ вход усилителя высокой частоты придется сделать апериодическим, т. е. ненастраивающимся. Для этого надо отключить от управляющей сетки первой лампы все детали, относящиеся к настраивающемуся колебательному контуру, а вместо них включить высокочастотный дроссель (рис. 303) или резистор сопротивлением 1—1,5 *Мом*. Настраивать же приемник будешь только конденсатором контура детекторного каскада.

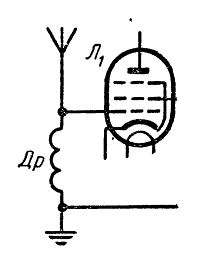


Рис. 303. Апериодический вход усилителя высокой частоты.

В описанных в этой беседе приемниках, кроме рекомендуемых для них ламп, можно использовать многие другие аналогичные им лампы. В усилителе высокой частоты и детекторном каскаде, например, могут работать пентоды 6Ж1П, 6Ж4, 6Ж5П, 6К4 и многие другие, а в детекторном каскаде, кроме того, триоды.

То же самое касается и ламп выходных каскадов. В трехламповом приемнике, например, вместо лампы 6П1П можно использовать такие выходные пентоды и лучевые тетроды, как, например, 6П14П, 6П15П, 6П18П, 6П6С, 6П3С, если пересчитать сопротивление автоматического смещения с учетом анодно-экранного тока другой используемой лампы.

Заменяя ту или иную лампу, учитывай цоколевку новой лампы.

В приемнике 1-V-1 в его первых двух каскадах может работать одна комбинированная лампа типа 6Ф1П, представляющая собой пентод и триод, объединенные в одном баллоне. Схему этой части такого приемника ты видишь на рис. 304. Сравни ее со схемой аналогичной части однодиапазонного трехлампового приемника. Большая разница? Нет. Все в основном то же, только в детекторном каскаде работает не пентод, как в том приемнике, а триодная часть лампы 6Ф1П.

В приемнике по такой схеме предусмотрены гнезда для звукоснимателя, чтобы его усилитель низкой частоты можно было использовать для воспроизведения грамзаписи. Для этого в цепь катода триода включен резистор R_6 автоматического смещения, который зашунтирован электролитическим конденсатором C_6.

Если приемник должен быть двухдиапазонным, то добавь катушки второго диапазона и переключатель, как в аналогичной части приемника по схеме на рис. 301. А если такой приемник ты не собираешься использовать для воспроизведения грамзаписи, то исключи резистор автоматического смещения R_6 и шунтирующий его конденсатор C_6, а катод триода и нижний (по схеме) конец резистора R_7 соедини с общим минусом.

Почти во всех приемниках, предложенных тебе в этой беседе, использовалось сеточное детектирование. Только в приемнике-радиоточке было диодное детектирование. Однако может быть применен другой способ детектирования, например катодный (рис. 305). Называют его катодным потому, что напряжение низкой частоты, получающееся в результате детектирования, снимается с резистора $R_н$, включенного в цепь катода и являющегося нагрузкой лампы. Эта катодная на-

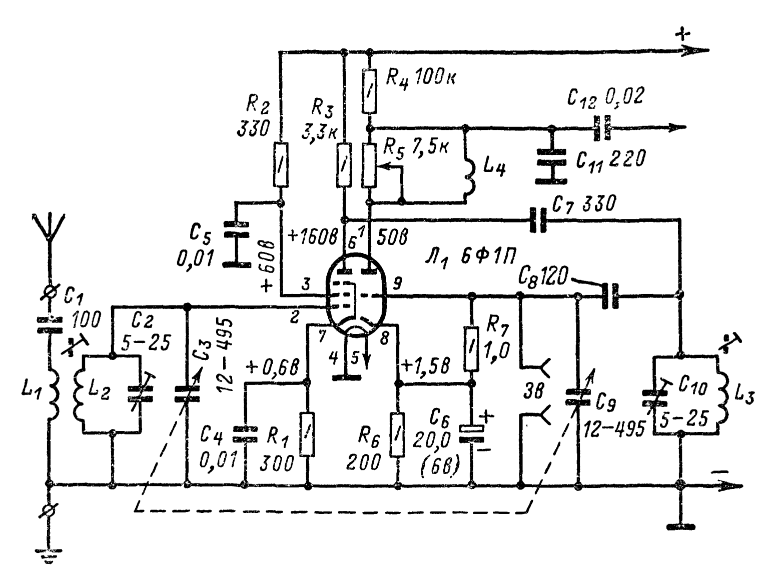


Рис. 304. Лампа 6Ф1П в приемнике прямого усиления.

грузка блокируется по высокой частоте конденсатором $C_{бл}$. Анод лампы для переменного тока заземлен через конденсатор $C_а$. Вместе с анодным резистором $R_а$ он образует ячейку развязывающего фильтра.

Как работает катодный детектор?

На управляющей сетке лампы вследствие большого сопротивления катодного резистора создается большое отрицательное напряжение смещения, которое почти закрывает лампу. При положительных полупериодах на сетке анодный ток лампы увеличивается, а при отрицательных полупериодах он остается близким к нулевому значению. Иными словами, анодный ток появляется только при

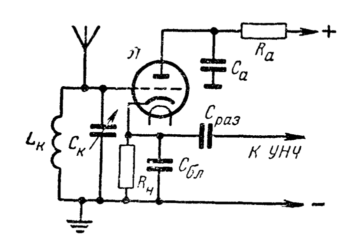


Рис. 305. Упрощенная схема катодного детектора.

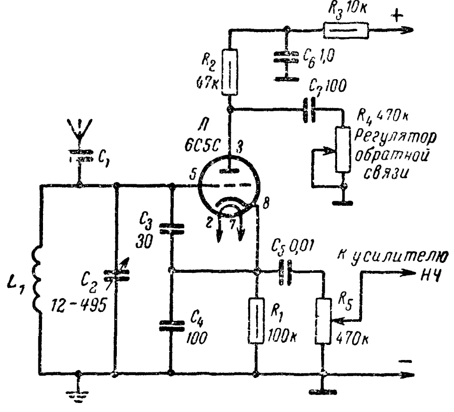


Рис. 306. Практическая схема катодного детектора с обратной связью.

положительных полупериодах напряжения на сетке. Отрицательные полупериоды лампа подобно диоду как бы «срезает». Происходит детектирование. В результате на резисторе $R_н$ получается напряжение низкой частоты, которое через разделительный конденсатор $C_{раз}$ может быть подано к усилителю.

Катодный детектор по сравнению с сеточным при приеме местных мощных станций дает более качественное, естественное воспроизведение звука.

В катодном детекторе можно осуществить положительную обратную связь без применения специальной катушки.

Испытай такой детектор. Но при этом к приемнику придется добавить каскад усиления низкой частоты, так как катодный детектор, как и эмиттерный повторитель транзисторного каскада, не дает усиления.

Практическая схема катодного детектора с положительной обратной связью со всеми данными ее деталей приведена на рис. 306. Нагрузкой лампы служит катодный резистор R_1. Создающиеся на нем колебания низкой частоты через разделительный конденсатор C_5 и регулятор громкости R_5 подаются к усилителю низкой частоты. Высокочастотная составляющая, создающаяся на этом резисторе, через конденсатор C_3 попадает в цепь сетки, образуя положительную обратную связь. Величина этой связи регулируется переменным резистором R_4, включенным параллельно анодной цепи.

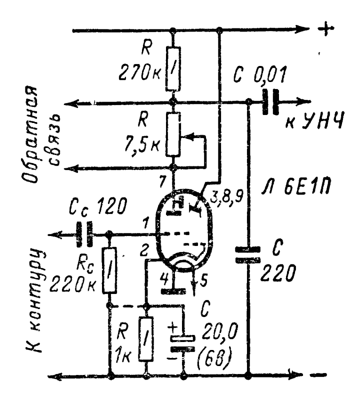


Рис. 307. Индикатор настройки — сеточный детектор.

Данные входного контура ничем не отличаются от данных контуров других приемников. На него могут быть поданы предварительно усиленные колебания высокой частоты.

Для работы в катодном детекторе подойдут триоды 6С2П, 6С5С или один триод ламп 6Н1П, 6Н2П, 6Н8С. Второй триод комбинированной лампы можно использовать для усиления низкой частоты.

И еще один совет — для эксперимента. Попробуй в качестве сеточного детектора использовать лампу 6Е1П или 6Е5С. Это электронно-световые индикаторы. Они имеют светящиеся зеленым светом экраны, на которых выделяется более яркий сектор того же цвета. По величине этого сектора определяют точность настройки приемника на волну радиостанции.

Схему такого детектора-индикатора настройки приемника ты видишь на рис. 307. В остальном схема детекторного каскада остается такой же, как в описанных приемниках.

Нижний конец сеточного резистора R_c можно соединять как с общим минусом, так и с катодом лампы (на схеме показано штриховой линией). В первом случае при точной настройке приемника яркий сектор экрана лампы будет сходиться, а во втором — расходиться. Если эксперимент удастся, лампу с ее панелью укрепи на специальном держателе в горизонтальном положении. Верхняя часть баллона лампы должна помещаться в отверстии шкалы или на лицевой стенке ящика приемника так, чтобы был виден светящийся «глазок».

○

БЕСЕДА СЕМНАДЦАТАЯ

Испытание и налаживание приемников прямого усиления

Ты смонтировал приемник. Можно ли сказать, что он готов? Пока еще нет Вот когда ты его испытаешь, наладишь и установишь в корпус, тогда с чистой совестью сможешь сказать, что он готов. Это касается в равной степени и усилителя низкой частоты.

Но приемник может испортиться. Надо «лечить» его. А для этого надо прежде всего правильно определить «болезнь». В подобных случаях радиолюбитель становится как бы врачом, в руках которого вместо медицинской трубки — стетоскопа и термометра должны быть пробники, измерительные приборы, хотя бы те, о которых я рассказал тебе в четырнадцатой беседе.

Испытание и налаживание смонтированного приемника или усилителя, нахождение и устранение неисправностей — наиболее ответственный и в то же время самый интересный момент. Успех этого дела во многом зависит от тебя самого. Если ты хорошо усвоил назначение каждой детали, работу каждого каскада и приемника в целом, ты успешно справишься с этой задачей.

В какой последовательности вести эту работу? Прежде всего, еще не включая питания, проверь качество монтажа Встряхни приемник два-три раза, подергай за резисторы, конденсаторы и монтажные проводники. Пусть лучше сейчас отлетят плохо укрепленные детали и проводники, чем искать ненадежные соединения в процессе налаживания. Затем путем «прогулок» по монтажу тщательно сверь его с принципиальной схемой — нет ли ошибок. После этого испытай источники питания, выходной каскад и всю низкочастотную часть приемника, а уж потом приступай к налаживанию детектора, усилителя высокой частоты и подстройке в резонанс контуров. Не торопись. Поспешность может повредить делу

Поскольку методика и техника налаживания транзисторных и ламповых приемников имеют некоторые характерные для них особенности, расскажу о них раздельно. Начну с транзисторных приемников.

Транзисторный приемник

Сверяя монтаж приемника с его принципиальной схемой, особенно тщательно проверь надежность контактов базовых цепей, правильность включения электродов транзисторов и полярность подключения источника питания. Если в приемнике на транзисторах окажутся плохие контакты, то из-за разрыва цепей, особенно в цепях баз, или неправильной полярности подключения источника питания транзисторы могут испортиться.

Источник питания и первое включение. Возьми за правило: проверяя и налаживая транзисторный приемник, питай его от свежей батареи соответствующего напряжения. Это избавит тебя от ошибочных выводов, предположений. Почему? Помнишь мой разговор о напряжении и э д. с. источника тока? Он состоялся еще в пятой беседе. Так вот, э д. с. частично разрядившейся батареи может быть того же порядка, что и необходимое напряжение питания. Но если к такой батарее подключить нагрузку (приемник), ее напряжение может оказаться на-

столько малым, что приемник вообще не сможет работать. Лучше, однако, во время налаживания приемника питать его от электросети через выпрямитель, тем более что этот процесс, и особенно поначалу, может быть затяжным.

Приступая к проверке приемника, прежде всего измерь ток, потребляемый им от батареи (или выпрямителя). При этом миллиамперметр (на ток до 25—50 *ма*) следует включать не в разрыв общей цепи питания, а подключать его к разомкнутым контактам выключателя питания, как показано на рис. 308. На этой схеме резистор $R_н$ символизирует цепи приемника. Миллиамперметр должен показывать ток, равный примерно суммарному току покоя коллекторных цепей всех транзисторов приемника. При этом напряжение батареи, измеренное вольтметром непосредственно на полюсах батареи, не должно быть меньше ее номинального напряжения. Если все будет именно так, то можно будет приступить к проверке и налаживанию усилителя низкой частоты.

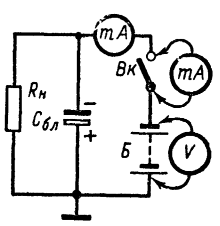


Рис. 308. Первое включение приемника.

Но может случиться, что миллиамперметр покажет чрезмерно большой ток. Значит, где-то в самом приемнике имеется короткое замыкание, возможно какой-то транзистор неисправен и через него идет большой ток, а может быть пробит конденсатор, блокирующий батарею. В этом случае надо немедленно выключить питание и не включать его, пока не обнаружишь и не устранишь неисправность.

Почему испытание приемника надо начинать с измерения потребляемого им тока? Для контроля. Если этого не сделать, то, окажись в приемнике замыкание, батарея станет быстро разряжаться, а ты этого даже не заметишь. Но может быть и более печальное последствие: если причиной большого тока окажется случайное замыкание базы какого-либо транзистора с отрицательным проводником питания, вследствие чего через транзистор пойдет недопустимый для него ток, этот транзистор перегреется и выйдет из строя.

Если приемник или усилитель питается от электросети, его блок питания испытывай так же, как аналогичный блок лампового приемника.

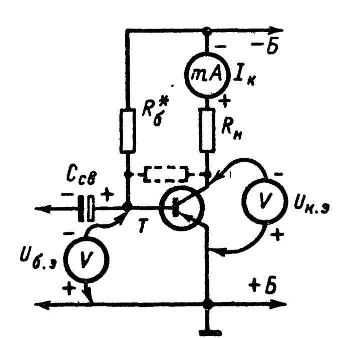


Рис. 309. Проверка режима транзистора.

Режим работы транзисторов. Но если даже в приемнике нет неполадок, то и в этом случае не спеши настраивать его на радиостанцию, а сначала проверь, и если надо, то установи рекомендуемые режимы работы транзисторов.

Независимо от того, в каком каскаде приемника стоит транзистор, его режим работы устанавливают начальным напряжением смещения на базе. Это напряжение на базе относительно эмиттера транзистора ($U_{б.\ э}$) не должно превышать 0,2—0,3 *в*. Практически же режим работы транзистора контролируют по миллиамперметру, включенному в цепь коллектора (рис. 309). Рекомендуемый ток коллектора, который обычно указывают на схеме, устанавливают подбором сопротивления резистора в базовой цепи ($R_б$) независимо от того, как он включен — между базой и минусом питания или между базой и коллектором (на рис. 309 показан штриховыми линиями). Чем больше статический коэффициент усиления $B_{ст}$ транзистора, тем больше должно быть сопротивление базового резистора. И наоборот, чем меньше $B_{ст}$ транзистора, тем меньше должно быть и сопротивление базового резистора. Точно так же устанавливают рекомендуемый ток коллектора и в том случае, если смещение на базу подается с делителя напряжения. В тех же случаях, когда транзистор составной или имеет непосредственную связь с эмиттером (как, например на рис. 259) или коллектором предшествующего кас-

када, режим работы обоих транзисторов устанавливают базовым резистором транзистора этого каскада.

В одной из бесед рекомендовалось включить в цепь базы соединенные последовательно переменный и постоянный резисторы (см. рис. 206), чтобы установить переменным резистором рекомендуемый ток коллектора, а затем, измерив их общее сопротивление омметром, включить в цепь базы постоянный резистор такого же сопротивления. Но можно поступить иначе: если ток превышает рекомендуемый, то включить в цепь базы резистор заведомо большого сопротивления и, следя за показаниями миллиамперметра, подключать параллельно этому резистору другие резисторы, добиваясь необходимого тока коллектора. Добавочный резистор можно припаять к основному или заменить их одним резистором такого же номинала. Такой прием подгонки базового резистора следует особенно рекомендовать для каскадов усиления высокой частоты, когда переменный резистор с соединительными проводниками, удлиняющими цепь базы, может привести каскад к самовозбуждению.

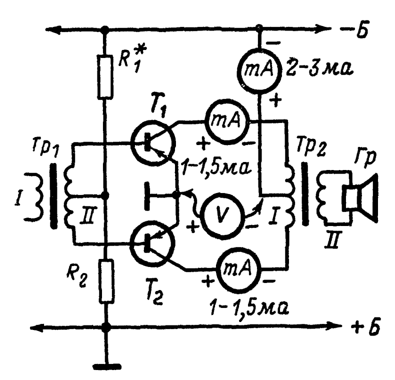


Рис. 310. Проверка режима работы транзисторов двухтактного усилителя.

Если нагрузкой транзистора служит резистор, то оптимальным режимом его работы можно считать, когда напряжение на коллекторе относительно эмиттера ($U_{к.\ э.}$) равно половине напряжения источника питания.

Если транзисторы работают в двухтактном выходном каскаде (рис. 310), то сначала надо измерить коллекторный ток обоих транзисторов, включив миллиамперметр между средним выводом первичной обмотки выходного трансформатора, а затем коллекторный ток каждого транзистора, включая миллиамперметр между крайними выводами этой обмотки и коллекторами транзисторов. Если для каскада отобраны транзисторы с примерно одинаковыми коэффициентами усиления $B_{ст}$ и обратными токами коллекторов $I_{к0}$, то их коллекторные токи тоже должны быть одинаковыми, а общий ток соответствовать их сумме.

Если коллекторный ток одного из транзисторов двухтактного выходного каскада отличается от коллекторного тока второго транзистора более чем на 15%, транзистор с бо́льшим коллекторным током придется заменить, иначе каскад будет вносить искажения.

Ток покоя транзисторов такого каскада устанавливают подбором сопротивления базового резистора R_1.

Каким прибором надо измерять напряжения непосредственно на электродах транзисторов? Вольтметром с входным сопротивлением не менее 5 *ком/в*. Из самодельных измерительных приборов, описанных нами в четырнадцатой беседе, им может быть вольтметр, сделанный на базе микроамперметра на ток не более 200 *мка*, но лучше лампово-транзисторным вольтметром. Вольтметр с относительно малым входным сопротивлением, например меньше 1 *ком/в*, шунтируя цепи транзистора, будет изменять его фактический режим работы, а измерения будут с большими погрешностями.

Подгоняя режимы работы транзисторов усилителя низкой частоты, в котором связь между каскадами осуществляется с помощью электролитических конденсаторов, ты можешь столкнуться с таким явлением: ток коллектора больше нормального и не уменьшается с увеличением базового резистора. Он не уменьшается даже тогда, когда резистор вообще отключен от базы и на этот электрод не подается напряжение смещения. В чем дело?

Причин такого явления может быть две: очень большой обратный ток коллектора $I_{к0}$ транзистора или электролитический конденсатор связи ($C_{св}$ на рис. 309)

имеет большую утечку тока. Чтобы определить фактическую причину, отключи базовый вывод электролитического конденсатора. Если при этом коллекторный ток останется прежним, $I_{к0}$ транзистора, следовательно, велико, а если уменьшится, значит, конденсатор связи с большой утечкой. В первом случае надо дополнительно проверить транзистор приборов, и если его $I_{к0}$ действительно окажется чрезмерно большим, считай транзистор неисправным. Во втором случае электролитический конденсатор надо заменить другим, который бы не пропускал постоянный ток на базу проверяемого транзистора из коллекторной цепи транзистора предшествующего ему каскада.

Усилитель низкой частоты. Первым признаком работы усилителя низкой частоты является фон переменного тока, появляющийся в телефоне или громкоговорителе, включенных на выход усилителя, при касании пальцем или отверткой базы транзистора первого каскада. Если коснуться базы транзистора второго каскада, этот звук должен быть слабее, и совсем слабым, если касаться базы транзистора выходного каскада.

Лучше, однако, работоспособность усилителя проверять с помощью простейшего генератора сигналов, о котором рассказалось в четырнадцатой беседе (рис. 228). Предварительно проверь на телефоны сам генератор сигналов — работает ли он. Затем его выходной проводник (с «крокодильчиком») соедини с плюсовым проводником приемника, а щупом коснись поочередно выводов баз транзисторов усилителя, начиная с транзистора выходного канала (на рис. 311 генератор обозначен кружком с двумя синусоидами в середине). При этом громкость звучания громкоговорителя или телефонов на выходе приемника должна нарастать. Наибольшая громкость будет, когда генератор подключен к базе транзистора первого каскада усилителя.

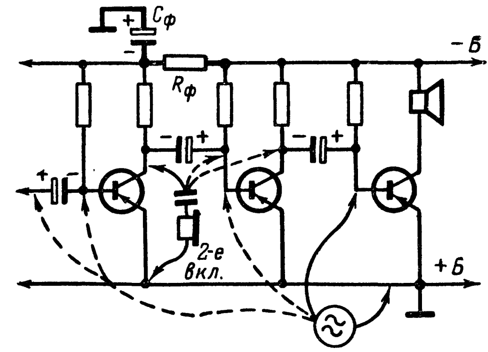


Рис. 311. Схема проверки работы трехкаскадного усилителя низкой частоты.

Почему проверку усилителя низкой частоты мы советуем начинать с выходного каскада? Чтобы, во-первых, ощущать нарастание усиления сигнала каждым каскадом и, во-вторых, обнаружить неисправный или плохо работающий каскад. Если, допустим, выходной каскад работает нормально, а переключение генератора на вход предыдущего каскада не дает усиления или ощущается искажение звука, значит этот каскад работает плохо. А если звук вообще пропадает, этот каскад, следовательно, вообще не работает и неисправность искать надо только в нем.

Неисправный или плохо работающий каскад ты можешь обнаружить и с помощью телефонного пробника (см. рис. 226 четырнадцатой беседы). На вход усилителя подай низкочастотный сигнал от того же генератора, а телефонным пробником «прослушай» весь усилительный тракт приемника (на рис. 311 пробник изображен как телефон с конденсатором — по 2-му включению). Сначала пробник подключи к выходу генератора — в телефоне пробника услышишь сравнительно слабый звук. Затем пробник подключи к коллектору транзистора первого каскада, к базе и коллектору транзистора второго каскада и т. д. Чем ближе к выходу усилителя подключен пробник, тем громче должен звучать его телефон. Если какой-то из каскадов не работает или искажает сигнал, неисправность ищи в этом каскаде.

Точно так же можно проверить работу усилителя и его каскадов от радиотрансляционной сети, используя для этого делитель напряжения (см. рис. 227), или от звукоснимателя, подключая эти источники низкочастотных сигналов на

вход усилителя. Одновременно можно попробовать несколько изменять режимы работы транзисторов, добиваясь наиболее громкой и качественной работы усилителя.

Однокаскадные и двухкаскадные усилители низкой частоты работают, как правило, устойчиво и самовозбуждение в них может возникать в основном лишь при подключении к ним высокочастотных каскадов и детектора приемника. Трехкаскадный усилитель, как, например, в приемнике 1-V-3 (рис. 270) или в походном приемнике (рис. 272), может самовозбуждаться из-за паразитной связи транзисторов усилителя через общий источник питания. Для устранения этого неприятного явления надо прежде всего попробовать зашунтировать источник питания электролитическим конденсатором, как это сделано в походном приемнике, а если такой конденсатор уже есть, то увеличить его емкость до 30—50 *мкф*. Если это не помогает, то придется между первым и вторым каскадами усилителя включить в цепь питания развязывающий фильтр (на рис. 311 выделен утолщенными линиями). Сопротивление резистора фильтра ($R_ф$) может быть в пределах 120 *ом* — 1,5 *ком*, а емкость конденсатора фильтра ($C_ф$) 5—10 *мкф*.

В многокаскадных усилителях низкой частоты иногда возникает прерывистая генерация, проявляющая себя периодическими щелчками — «капаньем», как называют это явление радиолюбители, или гулом, который слышен в громкоговорителе. Устранить такую генерацию можно включением фильтра в цепь питания транзистора первого каскада или уменьшением емкостей межкаскадных переходных конденсаторов.

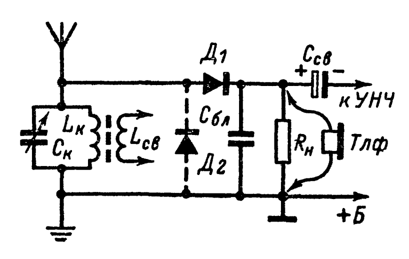


Рис. 312. Схема проверки детекторного каскада.

Детектор. Этот каскад приемника — самый простой. И если он не работает, то причиной тому может быть только некачественный диод (или диоды, если в детекторе два диода, включенные по схеме удвоения напряжения).

Чтобы проверить, работает ли детектор, соедини его непосредственно с входным контуром приемника, как показано на рис. 312, а к контуру подключи наружную антенну и заземление. Получится детекторный приемник с усилителем низкой частоты. И если контур настроен на радиостанцию, ее передача должна быть слышна в громкоговорителе. Работу детектора без усилителя можно проверить, подключив к его нагрузке ($R_н$ — на рис. 312) или вместо нее телефоны; если диод исправен, то в телефонах ты должен услышать передачу радиостанции. Если диод окажется неисправным, например пробитым, то, естественно, ни в громкоговорителе на выход усилителя, ни в телефонах, подключенных к выходу детектора, никаких звуков не будет. Такой диод надо заменить исправным, обратное сопротивление которого во много раз больше прямого сопротивления.

Усилитель высокой частоты более склонен к самовозбуждению, чем усилитель низкой частоты, и тем больше, чем значительнее усиление.

Наиболее вероятной причиной самовозбуждения усилителя колебаний высокой частоты может быть неудачное расположение по отношению к магнитной антенне трансформатора и дросселя высокой частоты. Дело в том, что во время работы приемника вокруг обмоток трансформатора или дросселя неизбежно возникает магнитное поле высокой частоты, воздействующее на контур магнитной антенны. В результате между выходными (коллекторными) и входными (базовыми) цепями возникает обратная связь. И если эта обратная связь положительная, к тому же сильная, то усилитель обязательно самовозбудится.

Чаще всего для устранения самовозбуждения достаточно бывает поменять местами выводы любой из обмоток высокочастотного трансформатора, обмотки дросселя или зашунтировать первичную (коллекторную) обмотку трансформатора резистором сопротивлением 5,1—10 *ком* (на рис. 313 показан штриховыми линиями). А если это не помогает, то приходится прибегать к экранировке этих

деталей усилителя. Роль экрана может выполнять корпус непригодного электролитического конденсатора типа КЭ или алюминиевая фольга (обертка шоколадной конфеты), в которую можно завернуть трансформатор или дроссель. Экран «заземляют» — соединяют с плюсовым проводником питания приемника.

После устранения самовозбуждения можно попытаться настроить приемник на какую-либо радиостанцию. Если принять сигнал станции не удается, а приемник рассчитан на работу с магнитной антенной, к контуру магнитной антенны подключи наружную или комнатную антенну через конденсатор небольшой емкости (на рис. 313 показан штриховыми линиями). Настроив приемник на любую радиостанцию, подбором сопротивлений в базовых цепях транзисторов добейся наиболее громкого приема сигналов этой станции. Контроль за изменениями коллекторных токов транзисторов, которые не должны превышать 1,5—2 *ма*, веди по миллиамперметру, включая его в эти цепи усилителя. Установи такой режим работы транзисторов, при котором громкость приема наибольшая, а коллекторные токи транзисторов наименьшие.

А если усилитель не работает? Тогда воспользуйся телефонным пробником и с помощью его найди неисправный участок. Сначала пробник подключи через диод (1-е включение) к входному контуру, чтобы убедиться в его исправности, затем к коллектору транзистора первого каскада, предварительно включив в цепь пробника дополнительный разделительный конденсатор емкостью 300—510 *пф*. При втором включении пробника его телефон должен звучать значительно громче, чем при первом включении Если усиления нет или каскад не работает, значит, неисправность кроется в этом каскаде: возможно ошибка в монтаже, не установлен необходимый режим работы транзистора, замыкание его коллекторной или базовой цепи.

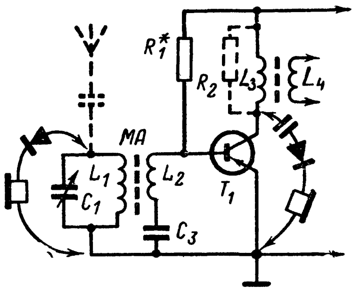


Рис. 313. Схема испытания каскада усиления высокой частоты.

Таким же способом ты можешь проверить и второй каскад усилителя высокой частоты.

Установка границ диапазона волн, перекрываемого приемником, или, как часто говорят радиолюбители, укладка диапазона, является заключительным этапом налаживания приемника. Эту работу надо производить, пользуясь для контроля промышленным радиовещательным приемником с градуированной шкалой настройки.

Конструкторы любительских однодиапазонных транзисторных приемников прямого усиления обычно устанавливают только конечные границы диапазонов волн, перекрываемых приемниками, ориентируясь по сигналам радиостанций. Радиолюбители Москвы и Московской области, например, устанавливая диапазоны таких приемников, ориентируются по радиостанциям, работающим на волнах длиной 547,4 *м* — для средневолнового диапазона и 1 734 *м* — для длинноволнового диапазона. Ты должен ориентироваться по сигналам радиостанций, уверенно принимаемым в вашей местности. Делай это в вечернее время дня, когда улучшаются условия приема отдаленных радиостанций.

Началом диапазона волн, перекрываемого приемником, принято считать границу, соответствующую наименьшей емкости конденсатора настройки, а концом — границу, соответствующую наибольшей емкости конденсатора настройки.

Настрой свой приемник на какие-либо радиостанции начала и конца диапазона приемника. Затем на сигналы этих же станций настрой контрольный промышленный приемник. Ориентируясь по шкале этого приемника, ты таким образом определишь диапазон, перекрываемый твоим приемником.

Удовлетворяет ли тебя этот диапазон волн? Если удовлетворяет, то на этом налаживание приемника заканчивается. А если нет? Например, не принимается радиостанция, работающая на волне, близкой к концу диапазона или, наоборот,

близкой к началу диапазона твоего приемника. Значит, диапазон волн самодельного приемника надо сместить в сторону более длинных волн или, наоборот, в сторону более коротких волн. В первом случае тебе надо будет соответственно увеличить, а во втором — уменьшить индуктивность катушки входного контура.

Катушки входных контуров предложенных тебе транзисторных приемников были с высокочастотными сердечниками, позволяющими несколько изменять их индуктивность: чем больше введен сердечник внутрь катушки, тем больше ее индуктивность. Сердечниками контурных катушек приемников с внутренними магнитными антеннами были ферритовые стержни. В таких приемниках индуктивность контурной катушки увеличивается с перемещением ее к середине стержня и уменьшается при перемещении к концам стержней. Этими свойствами катушек с ферромагнитными сердечниками ты и должен пользоваться, смещая диапазон своего приемника в сторону более длинных или более коротких волн — в ту, которая тебя интересует.

А если даже наибольшая индуктивность контурной катушки окажется недостаточной для приема более длинноволновой станции? В этом случае придется увеличить число витков катушки или подключить параллельно конденсатору переменной емкости керамический или слюдяной конденсатор емкостью в несколько сотен пикофарад, но не более 500—600 *пф*. Если воспользоваться вторым приемом, то диапазон, смещаясь в сторону длинных волн, одновременно станет более узким. При этом сократится и участок волн начала диапазона приемника. И если в начале диапазона возможен прием радиостанции, то воспользуйся первым приемом — повышай индуктивность катушки увеличением числа ее витков.

Ламповый приемник

Испытание, налаживание и приемы нахождения неисправностей в ламповых приемниках по сравнению с транзисторными имеют свои особенности. Объясняется это рядом обстоятельств. Так, например, режим работы транзистора характеризуется токами в его цепях, а режим лампы — напряжениями на ее электродах. Число деталей каскадов лампового приемника превышает число деталей аналогичных каскадов транзисторного приемника. В связи с этим и неполадок в ламповом приемнике может быть больше. Но ламповый приемник работает стабильнее и смена ламп не вызывает необходимости подгонки режимов работы для новых ламп.

Для примера расскажу тебе о методах и приемах испытания и налаживания приемника 1-V-1, собранного по схеме на рис. 295. Но не забывай, что ты имеешь дело со значительными напряжениями переменного и постоянного токов. Поэтому еще раз напоминаю: **осторожно!**

Блок питания и выходной каскад. Прежде всего проверь правильность включения первичной обмотки трансформатора питания в соответствии с напряжением сети. Удали из приемника все лампы, кроме сигнальной, освещающей шкалу. Проводники, идущие от повышающей обмотки к выпрямителю, временно отпаяй.

При включении трансформатора в сеть сигнальная лампочка должна засветиться. Трансформатор оставь включенным в сеть на 5—8 *мин.* Он не должен нагреваться. За это время проверь, подается ли напряжение к накальным гнездам ламповых панелей. Это можно сделать вольтметром переменного напряжения или при помощи той же сигнальной лампочки. Если лампочка горит, когда ты ее подключаешь поочередно ко всем накальным гнездам, значит, цепи накала ламп в порядке.

Нагрев трансформатора или перегорание предохранителя укажут на то, что в цепях, подключенных к накальным обмоткам трансформатора, имеется короткое замыкание. Если же в монтаже нет ошибок и замыканий, а предохранитель перегорает, значит, неисправность кроется внутри самого трансформатора.

При отсутствии этих неполадок вставь в панель выходную лампу и припаяй проводники повышающей обмотки к выпрямительному мосту. Другие лампы пока не включай. Через 20—30 *сек* (время прогрева катодов ламп) в громкогово-

рителе должен появиться чуть заметный фон переменного тока. Если теперь дотронуться отверткой с изолированной ручкой до вывода управляющей сетки выходной лампы, фон в громкоговорителе усилится. Это признак того, что выходная лампа работает.

Далее вольтметром постоянного тока измерь напряжения на конденсаторах фильтра выпрямителя, аноде и экранирующей сетке выходной лампы и напряжение на ее управляющей сетке. Для этого щуп отрицательного вывода вольтметра присоедини к общему минусу приемника, а вторым щупом, соединенным с положительным выводом прибора, поочередно прикасайся к конденсаторам фильтра выпрямителя, выводам анода, экранирующей сетки и катода выходной лампы.

Примерные напряжения, которые должны быть на выходе выпрямителя и электродах лампы, указаны на принципиальной схеме приемника; в зависимости от используемого трансформатора питания они могут быть немного меньшими или бо́льшими. Но независимо от этого напряжения на экранирующей сетке и выходе выпрямителя должны быть одинаковыми. Несколько меньшее напряжение будет на аноде лампы (часть напряжения теряется на сопротивлении первичной обмотки выходного трансформатора), а несколько большее — на конденсаторе C_{18} фильтра выпрямителя.

Если на катоде лампы вообще нет напряжения, а лампа работает, то, вероятнее всего, «пробит» электролитический конденсатор C_{16}, шунтирующий резистор R_{10} автоматического смещения. Отсутствие напряжения на аноде лампы укажет на обрыв в первичной обмотке выходного трансформатора. Проверить эти детали можно омметром, выключив предварительно питание.

Установив, что выпрямитель и выходная лампа работают, можно вставить детекторную лампу и перейти к испытанию первых двух каскадов приемника.

Рис. 314. Схема проверки детекторного каскада с помощью телефонного пробника.

Детекторный каскад и усилитель низкой частоты. Как только детекторная лампа прогреется, прикоснись отверткой к выводу ее управляющей сетки. В громкоговорителе услышишь сильный гул, свидетельствующий о работоспособности этой лампы и всей низкочастотной части приемника.

Испытай эту часть на прием радиостанций. На это время антенну подключи к контуру $L_3C_8C_9$ детекторного каскада через конденсатор емкостью 82—100 *пф* (рис. 314), а разделительный конденсатор C_6, идущий к контуру от анодной цепи лампы первого каскада, отключи. Подключи заземление.

Настрой приемник на какую-либо радиостанцию. Проверь, как действует регулятор громкости: нарастание громкости звука должно происходить при вращении ручки переменного резистора в направлении движения часовой стрелки. При обратном изменении громкости звука надо поменять местами (перепаять) проводники, идущие к крайним выводам переменного резистора. Проверь действие обратной связи. С увеличением обратной связи в громкоговорителе должен появиться щелчок — это порог регенерации. Если генерации не возникает и громкость приема уменьшается, то поменяй местами включение выводов катушки обратной связи.

А если приемник не работает? Значит, в детекторном каскаде есть неисправность. В таком случае воспользуйся телефонным пробником. Вставь штепсельную ножку провода щупа *б* пробника в гнездо *1* и прикоснись одним из его щупов к заземленному проводнику, а вторым — к контуру, как показано на рис. 314. При этом колебательный контур с подключенным к нему пробником работает как

детекторный приемник: передача слышна, но негромко. Так ты проверишь входную часть каскада — колебательный контур. А если при первом включении пробника тебе не удастся услышать сигналы какой-либо радиостанции, значит неисправность надо искать в колебательном контуре. Здесь могут оказаться плохие пайки, обрыв в катушке или ее выводах, случайное соединение пластинок конденсатора переменной емкости, замыкание обкладок подстроечного конденсатора. Эти неисправности легко обнаружить внешним осмотром деталей и раздельной проверкой каждой из них с помощью омметра. Проверяя конденсаторы контура, обязательно отключай от них катушку, иначе омметр будет показывать короткое замыкание.

Чтобы проверить, работает ли лампа, щуп *б* пробника вставь в гнездо *2* (2-е включение) и прикоснись этим щупом к выводу анода лампы, потом к нижнему (по схеме) концу нагрузки R_7, к выводу конденсатора C_{14}, обращенному к выходному каскаду. Если лампа работает нормально, при всех этих включениях пробника в телефоне должна быть громко слышна передача. Но если в анодной цепи лампы имеется обрыв или плохой контакт, то, естественно, лампа работать не будет. Чтобы убедиться в этом, надо штепсельную ножку щупа *б* пробника вставить в гнездо *3*, включить пробник между анодом лампы $Л_2$ и проводником плюса выпрямителя (3-е включение). Если в анодной цепи действительно есть обрыв, то теперь передача будет слышна.

А если сигналы станции все же не слышны, хотя колебательный контур в полном порядке? В таком случае подозрение падает прежде всего на лампу. Надо проверить омметром ее нить накала, и если она цела, то попробовать заменить лампу, например, лампой первого каскада приемника. Если и с новой лампой каскад не будет работать, проверь омметром или пробником, нет ли соединения управляющей сетки с общим минусом приемника. Проводник, идущий к этой сетке, мог замкнуться на шасси, а сеточный конденсатор C_{10} оказаться неисправным.

Но и эти подозрения могут не оправдаться. Тогда неполадки надо искать в анодной цепи этой лампы: в катушке и регуляторе обратной связи, резисторе нагрузки R_7, конденсаторе C_{11}, блокирующем анодную цепь по высокой частоте. В катушке обратной связи может быть обрыв, резистор может оказаться перегоревшим или очень большого сопротивления, а конденсатор с утечкой. Достаточно быть одной из этих неполадок, чтобы каскад не работал. Каскад не будет работать и в том случае, если напряжение на экранирующей сетке окажется бóльше напряжения на аноде. Эти неполадки легче всего выявить при помощи омметра, проверяя им каждую деталь, и высокоомным вольтметром, измеряя им напряжения на электродах лампы.

Если детекторный каскад твоего приемника смонтирован с расчетом использования его как предварительного усилителя при воспроизведении грамзаписи (по схеме на рис. 301), то сначала проверь его работу от звукового генератора (так же, как при проверке транзисторного усилителя), а затем от звукоснимателя, проигрывая новую грампластинку. Напоминаю: если звукосниматель пьезоэлектрический, не забудь параллельно его выводам включить резистор сопротивлением 470—510 *ком*, иначе на управляющую сетку лампы не будет подаваться напряжение смещения. Если при включении звукоснимателя появится свист, то поменяй местами его выводы на гнездах *Зв*. Свист может возникнуть также из-за близости шнура звукоснимателя к проводникам, идущим к громкоговорителю или выходному трансформатору. Их надо разносить по возможности дальше.

Поскольку катушки обратной связи в работе каскада как усилителя не принимают участия, их можно временно исключить, чтобы отпало подозрение насчет этого участка анодной цепи лампы (рис. 315). Отключи и резистор R_6, которым регулируется обратная связь, а нагрузочный резистор R_7 припаяй непосредственно к анодному гнезду панели лампы.

Если от звукоснимателя, включенного в предназначенные для него гнезда, усилитель не работает, то попробуй соединить незаземленный вывод звукоснимателя непосредственно с проводником управляющей сетки лампы, как показано на рис. 315, отпаяв от него сеточный конденсатор C_{10}. Если и при таком включе-

нии звукоснимателя усилитель не работает, можно предположить, что существует разрыв в цепи катода или резистор смещения R_5 имеет слишком большое сопротивление. Замкни этот резистор накоротко. И если цепь катода действительно была разорвана, то при замыкании резистора звук должен появиться, возможно с искажениями, так как лампа станет работать без смещения.

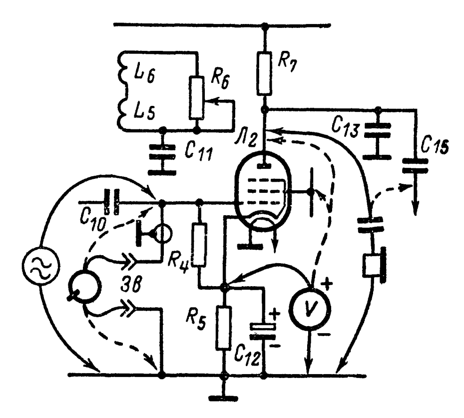


Рис. 315. Схема проверки детекторного каскада как усилителя низкой частоты.

Проверить, работает ли сам звукосниматель, можно с помощью пробника; если звукосниматель исправен, то телефоны, подключенные непосредственно к его выводам, будут негромко звучать. Ты можешь «прослушать» весь тракт усиления низкой частоты, присоединяя телефонный пробник к аноду лампы первого каскада, к переменному резистору регулирования уровня громкости, параллельно первичной и вторичной обмоткам выходного трансформатора. В последнем случае звук в телефоне будет слабым, так как выходной трансформатор является понижающим. Таким включением надо воспользоваться только для того, чтобы проверить, подается ли напряжение на звуковую катушку громкоговорителя.

Допустим, что детекторный каскад работает, а если и были неполадки, то ты их устранил. Исправен и его входной контур. Тогда, не отключая антенны от контура, восстанови соединение разделительного конденсатора C_6 с этим контуром. Если громкость работы приемника при этом не изменится, то вставь лампу усилителя высокой частоты, а антенну подключи к предназначенному для нее зажиму.

Рис. 316. Проверка каскада усиления высокой частоты пробником.

Каскад усиления высокой частоты. Возможно, что после установки на место первой лампы возникнет самовозбуждение приемника, не прекращающееся с уменьшением обратной связи. Ликвидировать его можно включением между анодом лампы $Л_1$ и нагрузкой R_1 резистора сопротивлением 4,7—10 *ком* (на рис. 316 показан утолщенными линиями) или увеличением сопротивления резистора цепи экранирующей сетки R_3 до 270—330 *ком*. Но это средство устранения самовозбуждения является временным.

Если приемник не работает или сигналы радиостанций слышны тихо, то антенну подключи к контуру, проверь пробником контур на прием радиостанций, а затем «прослушай» им анодную цепь лампы, чтобы определить неисправный участок каскада. Подключая пробник непосредственно к анодной цепи, где действует высокое напряжение, последовательно с детектором включи конденсатор емкостью 220—330 *пф*.

В высокочастотном каскаде могут быть такие неисправности: замыкание нагрузочного резистора R_1 на шасси, пробой конденсатора C_7 ячейки развязываю-

щего фильтра (в обоих случаях греется резистор развязки R_5), обрыв в цепи анода или катода, замыкание обкладок конденсаторов, входящих в контур, обрыв в контурной катушке. При любой из этих неисправностей каскад работать не будет. Отыскивай их при помощи омметра, отпаивая каждую деталь

После устранения неполадок, если, конечно, они будут, антенну переключи на входной зажим и проверь работу каскада на прием радиостанций. При этом приема многих станций может и не получиться, потому что контуры первого и второго каскадов не настроены в резонанс.

Настройка колебательных контуров. Настраивать контуры лучше всего в вечернее время, когда работает больше станций, чем днем.

Прежде всего проверь, полностью ли перекрывает диапазон радиоволн детекторный контур приемника. Для этого подключи антенну к этому контуру через конденсатор емкостью 27—33 *пф* и попытайся принять радиостанцию, длина волны которой близка к длине волны конца диапазона (500—550 *м* на средневолновом и 1 800—2 000 *м* на длинноволновом диапазонах). Станция должна быть слышна при почти полностью введенных подвижных пластинах конденсатора переменной емкости C_9.

Уточнить длину волны принятой станции можно по контрольному приемнику с градуированной шкалой. Не исключено, что ты полностью введешь подвижные пластины конденсатора переменной емкости, а точной настройки на радиостанцию, работающую на наиболее длинной волне диапазона, все же не получишь. Тогда смещай контурную катушку к середине ферритового стержня (или глубже вводи сердечник внутрь катушки, если конструкция катушки другая). Если слышимость сигналов этой станции улучшится, значит мала индуктивность контура. Надо, значит, намотать на катушку дополнительные витки. Если же радиостанция, работающая на наиболее длинной волне диапазона, слышна при далеко не полностью введенных пластинах конденсатора переменной емкости, значит надо уменьшать индуктивность катушки. Подгони индуктивность катушки так, чтобы станции, работающие на наиболее длинных волнах диапазона, «встали» на свои места на шкале приемника. Если число витков надо уменьшать, то делай это небольшими «порциями» (по 5—8 витков), проверяя каждый раз настройку приемника. Если, наоборот, число витков нужно увеличить, то домотай 20—25 витков, а затем подгоняй индуктивность сматыванием их. Это избавит тебя от необходимости делать лишние спайки.

Если твой приемник двухдиапазонный, то точно так же подгоняй индуктивность катушки второго диапазона. Число сматываемых или доматываемых витков запиши, чтобы потом внести такие же поправки и в катушки высокочастотного каскада.

Теперь, переключив антенну на вход приемника, можно перейти к настройке в резонанс обоих контуров приемника. Настроив приемник на какую-нибудь радиостанцию начала диапазона (подвижные пластины блока конденсаторов выведены), изменением емкостей подстроечных конденсаторов добейся наибольшей громкости приема. Для этого ты можешь увеличивать емкость подстроечного конденсатора C_2 первого контура либо, наоборот, уменьшать емкость первого и увеличивать емкость подстроечного конденсатора C_8 второго контура (если приемник двухдиапазонный, то подстроечные конденсаторы C_2 и C_7 средневолнового и C_3 и C_8 длинноволнового диапазонов).

Возможно, тебе сразу не удастся получить четко выраженный резонанс. Тогда подгони индуктивность катушки первого контура в конце диапазона, добиваясь наибольшей громкости приема наиболее длинноволновой станции, что будет соответствовать резонансу. Оба контура будут настроены в резонанс тогда, когда громкость уменьшается при малейшем изменении индуктивности катушки. Затем снова настрой приемник на радиостанцию, работающую в начале диапазона, и добейся резонанса подстроечными конденсаторами. После этого еще раз проверь резонанс контуров в конце и начале диапазона.

Все эти операции лучше производить при приеме слабо слышимых станций — настройка в резонанс будет точнее.

Приемник с хорошо настроенными контурами должен обладать высокими избирательностью и чувствительностью. Только при этих условиях он обеспечит прием многих радиостанций.

О настройке контуров в резонанс я говорил здесь применительно к контурным катушкам с высокочастотными сердечниками. Но ведь ты мог использовать для своего приемника катушки без сердечников, намотанных, например, на картонных гильзах. В этом случае я рекомендую тебе пользоваться испытательной палочкой, устройство которой показано на рис. 317. Для нее потребуются высокочастотный магнитный сердечник, например отрезок ферритового стержня длиной 15—20 *мм* и таких же размеров кусок меди, латуни или бронзы. Из любого изоляционного материала, хотя бы из сухой дощечки, сделай круглую палочку длиной 100—120 *мм*. На одном конце палочки укрепи высокочастотный сердечник, на другом — медь. Получится испытательная палочка, которая поможет ускорить работу по подстройке контуров.

Значение испытательной палочки заключается в следующем. Если внутрь каркаса катушки ввести конец палочки с ферромагнитным наконечником, собственная частота контура уменьшится. При введении в катушку диамагнитного наконечника частота контура увеличится. Пользуясь этими свойствами палочки, нетрудно определить, в какую сторону надо изменять индуктивность катушки одного из контуров, чтобы настроить его в резонанс со вторым контуром.

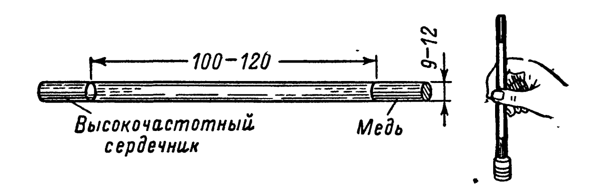


Рис. 317. Испытательная палочка и пользование ею.

Борьба с самовозбуждением. Чтобы устранить самовозбуждение каскада усиления высокой частоты, ранее предлагалось включить в анодную цепь лампы дополнительный резистор или увеличить сопротивление резистора в цепи экранирующей сетки. Если ты так сделал, то теперь, когда контуры настроены в резонанс, эти цепи надо восстановить. Если вновь возникает самовозбуждение, проявляющее себя свистами, не поддающимися регулировке резистором обратной связи, попробуй контурные катушки экранировать полностью или поставить между ними металлический экран. Попробуй отключить или замкнуть накоротко катушку обратной связи. Прекращение самовозбуждения во втором случае укажет на необходимость уменьшить число витков катушки обратной связи.

Для выяснения причины самовозбуждения можно вынуть из панели лампу первого каскада. Если свист прекратится, значит, причина самовозбуждения кроется в каскаде высокой частоты. В этом случае придется несколько увеличить сопротивление резистора в цепи экранирующей сетки лампы. Но сначала попробуй увеличить сопротивление резистора R_5 развязывающего фильтра до 33—47 *ком*, подключить параллельно конденсатору C_7 этого фильтра и конденсатору C_5 цепи экранирующей сетки другие конденсаторы таких же емкостей.

Иногда приемник самовозбуждается даже без лампы в каскаде усиления высокой частоты и при замкнутой катушке обратной связи, что обычно является следствием паразитной связи между монтажными проводниками анодных и сеточных цепей детекторного и выходного каскадов. В таком случае надо попробовать увеличить до 330—390 *пф* емкость конденсатора C_{13}, блокирующего анодную цепь детекторной лампы, увеличить емкость конденсатора C_{15}, блокирующего первичную обмотку выходного трансформатора, подключить параллельно выходному конденсатору C_{17} фильтра выпрямителя бумажный конденсатор емкостью 0,1—0,5 *мкф*.

Самовозбуждение может возникнуть и на низкой частоте. Оно проявляет себя шумом, напоминающим звук работы моторной лодки. В таком случае надо прежде всего включить между выходным и детекторным каскадами ячейку развязывающего фильтра ($R_ф C_ф$ на рис. 318), а если это не помогает, то включить еще резистор сопротивлением 1—1,5 *ком* в цепь управляющей сетки выходной лампы. Конденсатор фильтра $C_ф$ может быть бумажным емкостью 0,5—1 *мкф* или электролитическим емкостью 5—10 *мкф* на рабочее напряжение 300 *в*. Сопротивление резистора ячейки фильтра $R_ф$ может быть в пределах 20—30 *ком* Этих мер обычно бывает достаточно для ликвидации самовозбуждения приемника.

Устранение фона переменного тока. Если в громкоговорителе приемника слышен сильный фон переменного тока, причиной его чаще всего бывает недостаточно хорошее сглаживание пульсаций выпрямленного тока или наводка переменного напряжения сети в цепях управляющих сеток усилительных ламп.

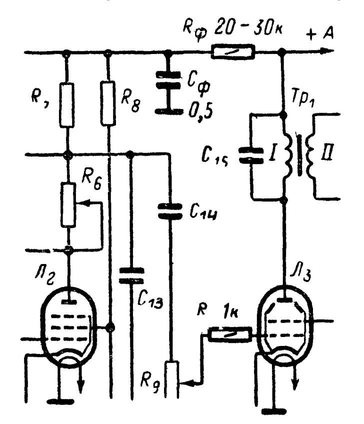


Рис. 318. Включение дополнительных элементов для устранения самовозбуждения.

Как найти причину возникновения фона? Соедини управляющую сетку выходной лампы с шасси приемника. Если фон остается, причиной его является плохая фильтрация выпрямленного тока. Попробуй увеличить емкость электролитических конденсаторов фильтра, подключая параллельно им другие конденсаторы. Если в фильтре стоит резистор, хорошо заменить его низкочастотным дросселем.

Если при замыкании управляющей сетки выходной лампы на шасси фон пропадает, значит, где-то в проводниках цепи управляющей сетки детекторной лампы наводится переменное напряжение сети. Чтобы убедиться в этом, замкни эту сетку на шасси — фон должен исчезнуть. В этом случае для борьбы с фоном надо по возможности укоротить все проводники, соединенные с управляющей сеткой лампы, экранировать их, а экраны заземлить.

В ряде случаев снижению и даже полному устранению фона переменного тока способствует соединение с заземленным шасси корпуса громкоговорителя и одного из выводов звуковой катушки. Полезно также заземлить один из выводов сетевой обмотки трансформатора питания через бумажный конденсатор емкостью от 0,01 до 0,05 *мкф*. Этот конденсатор должен быть рассчитан на рабочее напряжение не менее 600 *в*.

Окончательная регулировка приемника. Окончательная регулировка радиоприемника сводится в основном к установлению нормального режима работы ламп и подбору величины обратной связи. Напряжения на электродах, создающие нормальные условия работы ламп, устанавливают изменением или подбором сопротивлений резисторов, относящихся к цепям этих электродов. Так, например, чтобы изменить напряжение смещения, надо соответственно увеличить (если оно мало) или уменьшить (если оно велико) сопротивление катодного резистора. Чтобы увеличить напряжение на экранирующей сетке, надо уменьшить сопротивление резистора ее цепи и наоборот.

Напряжения на экранирующих сетках ламп высокочастотного и детекторного каскадов могут несколько отличаться от указанных на принципиальной схеме, но они должны быть обязательно меньше, чем напряжения на анодах этих ламп. Увеличение напряжения на экранирующих сетках до некоторой степени способствует повышению усиления, но при этом возрастает склонность приемника к самовозбуждению. Налаженный приемник хорошо работает при сравнительно низких напряжениях на экранирующих сетках.

Плавность регулирования обратной связи очень зависит от емкости конденсатора C_{10} и сопротивления резистора R_4 в цепи управляющей сетки детекторной лампы. При возникновении генерации щелчок в громкоговорителе должен быть «мягким», еле уловимым; срываться, исчезать генерация должна без затягивания.

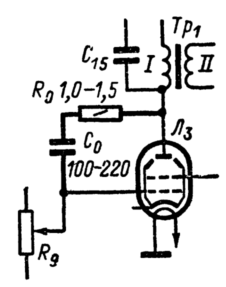


Рис. 319. Включение цепи отрицательной обратной связи.

Для достижения этого рекомендую заняться подбором данных этих деталей. Емкость сеточного конденсатора изменяй в пределах от 47 до 330 *пф*, а сопротивление резистора утечки сетки — от 270 *ком* до 2 *Мом*. Уменьшая емкость, увеличивай сопротивление резистора, и наоборот. На действие обратной связи влияет и конденсатор C_{11}, блокирующий анод детекторной лампы на шасси. Изменяя его емкость, тоже можно улучшить плавность возникновения и срыва генерации.

На рис. 319 показано еще одно дополнение в приемнике — о т р и ц а т е л ь н а я   о б р а т н а я   с в я з ь. Цепь отрицательной обратной связи состоит из резистора R_0 и конденсатора C_0, включенных между анодом и управляющей сеткой выходной лампы. Через нее некоторая часть энергии колебаний низкой частоты подается из анодной цепи лампы в цепь управляющей сетки этой же лампы. Отрицательная обратная связь в противоположность положительной, примененной нами в детекторном каскаде, снижает усиление выходного каскада, но улучшает качество звучания, уменьшает искажения, вносимые разными элементами приемника. Кроме того, она часто способствует устранению самовозбуждения приемника, уменьшает фон переменного тока. Рекомендую тебе испытать действие отрицательной обратной связи в своем приемнике.

Большинство советов, данных здесь применительно к сетевому трехламповому приемнику, в равной степени относится к налаживанию любого другого приемника прямого усиления, любого лампового усилителя низкой частоты.

* * *

После прочтения этой беседы у тебя может создаться впечатление чрезвычайной сложности налаживания приемника. На самом же деле это не так, потому что многое из того, о чем здесь рассказано, тебе делать не придется. А если и придется побольше «повозиться» с приемником, то в этом нет ничего плохого — ты его лучше будешь знать.

○

БЕСЕДА ВОСЕМНАДЦАТАЯ

Говорит радиоузел!

Такими словами в школах, пионерских лагерях начинаются передачи местного радиовещания, организуемые самими ребятами. Радиоузлы многих школ, пионерских и туристских лагерей оборудованы такими же радиолюбителями, как ты, твоими товарищами по интересам.

Если в школе, в которой ты учишься, еще нет радиоузла, будь инициатором по созданию кружка юных радиофикаторов. Желающих стать радиофикаторами найдется много Поговори с пионервожатым, учителем физики, директором школы. Они помогут организовать кружок, найти средства на приобретение нужных материалов и деталей, громкоговорителей. Пройдет месяц-другой, и в вашей школе начнет работать свой радиоузел.

Радиофицировать родную школу, свой лагерь и наладить местное радиовещание — большое, почетное и увлекательное дело.

Как работает радиоузел

Радиоузел представляет собой комплекс устройств и приборов, с помощью которых можно передавать по проводам сразу во много мест разговорную речь, пение, музыку. Он состоит (рис. 320) из усилителя низкой частоты с источниками питания, радиоприемника, микрофона, звукоснимателя с механизмом для проигрывания грампластинок и линейного распределительного щита В комплекс оборудования радиоузла могут также входить магнитофон для записи и воспроизведения радиопрограмм, музыкальных произведений, установка для воспроизведения звука с киноленты и некоторые другие устройства и приборы, но они не являются обязательным оборудованием радиоузла.

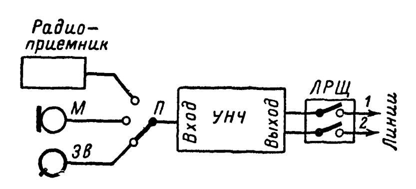


Рис. 320. Блок-схема радиоузла.

Колебания низкой частоты от радиоприемника, микрофона или звукоснимателя с помощью переключателя вида работы *П* подаются к усилителю низкой частоты и усиливаются им до требуемой мощности. Трансляционные линии, к которым присоединяются громкоговорители, установленные у радиослушателей, включаются на выход усилителя через линейный распределительный щит *ЛРЩ*. Таким образом, при помощи радиоузла можно передавать или, как говорят, транслировать для широкого круга слушателей программы радиовещательных станций, концерты граммофонной записи, местные передачи.

Необходимая мощность энергии низкой частоты, которую должен развивать усилитель, определяется главным образом числом и мощностью радиоточек — громкоговорителей, подключаемых к трансляционным линиям. Чем больше радиоточек должен питать радиоузел, тем мощнее должен быть его усилитель.

Для радиофикации сел, городов, районов используются усилители мощностью в десятки, сотни и тысячи ватт. Для радиофикации же большинства школ вполне достаточны усилители мощностью 5—25 *вт*, отдаваемой усилителем в линии.

В этой беседе я расскажу сначала об устройстве простого школьного радиоузла с питанием от сети переменного тока, дам советы по увеличению его выходной мощности, а потом поговорю о транзисторном радиоузле для туристского лагеря.

Простой радиоузел

Принципиальная схема этого радиоузла показана на рис. 321. Усилитель содержит три низкочастотных каскада, питающихся от выпрямителя. В первом и втором каскадах работают пентоды 6Ж8. В третьем — выходном — каскаде усилителя работает лучевой тетрод 6П3С, развивающий мощность около 5 *вт.* Выпрямитель — двухполупериодный. В нем используется двуханодный кенотрон 5Ц4С. Выпрямитель может быть на полупроводниковых диодах, но обязательно двухполупериодным. Дроссель $Др_1$ и электролитические конденсаторы C_{13} и C_{14} образуют сглаживающий фильтр выпрямителя.

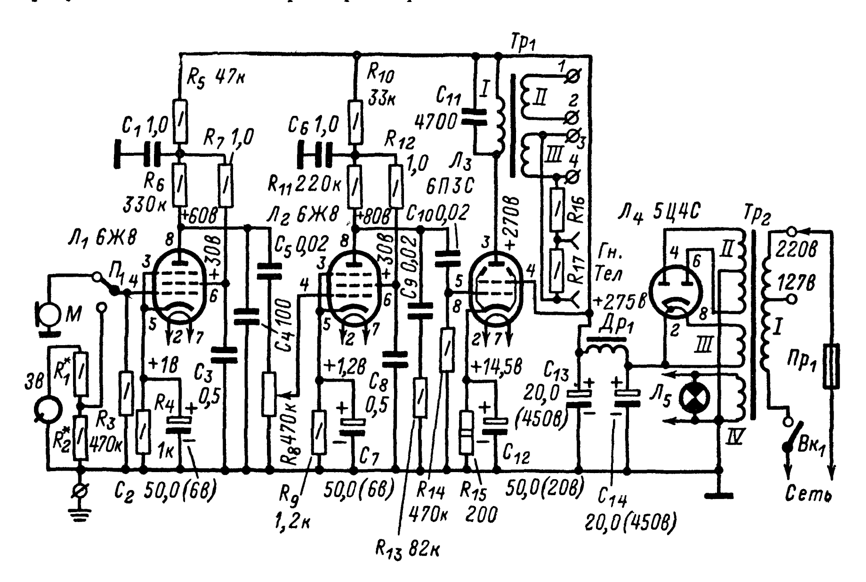


Рис. 321. Принципиальная схема усилителя радиоузла.

Последние два каскада усилителя тебе уже знакомы по радиограммофону и низкочастотной части приемника 1-V-1. А схема первого каскада усилителя аналогична схеме второго каскада.

Усилитель рассчитан на работу от электродинамического микрофона и звукоснимателя любого типа. Переход с одного вида работы на другой осуществляется переключателем $П_1$. Если будет надобность транслировать по школе программы радиовещательной станции, нужно добавить простое приемное устройство, например с фиксированной настройкой на местную станцию.

Звукосниматель в нашем радиоузле, так же как и микрофон, включается на вход первого каскада усилителя. Но параллельно ему подключена цепочка из резисторов R_1 и R_2, являющихся его нагрузкой. Напряжение от звукоснимателя подается на оба резистора, а к управляющей сетке лампы $Л_1$ подводится только часть его, которая приходится на резистор R_2. Это сделано для того, чтобы при переключении входа усилителя с микрофона на звукосниматель, который развивает бо́льшее напряжение, чем микрофон, громкость работы радиоточек почти не

изменялась Сопротивления резисторов R_1 и R_2 на схеме не указаны, так как они подбираются опытным путем во время налаживания усилителя.

Звукосниматель можно было бы включать на вход второго каскада, но это усложнило бы переключение усилителя с одного вида передачи на другой.

Итак, с помощью переключателя вида работы $П_1$ ко входу усилителя может быть подключен либо микрофон, либо звукосниматель. Создаваемые этими приборами колебания низкой частоты усиливаются первой, второй и третьей лампами и через выходной трансформатор $Тр_1$ подаются по трансляционным линиям к радиоточкам. Регулировка громкости осуществляется переменным резистором R_8, включенным в цепь управляющей сетки второй лампы.

Напряжения на аноды первой и второй ламп подаются через резисторы R_6 и R_{11}, а на их экранирующие сетки — через резисторы R_7 и R_{12}. На анод выходной лампы напряжение подается через первичную обмотку выходного трансформатора $Тр_1$, а на экранирующую сетку — непосредственно от выпрямителя. Резистор R_5 и конденсатор C_1, а также R_{10} и C_6 образуют ячейки развязывающих фильтров двух первых каскадов усилителя. Напряжения смещения на управляющие сетки ламп подаются автоматически за счет падения напряжения на резисторах R_4, R_9 и R_{15}, включенных в цепи катодов ламп. Резисторы смещения зашунтированы электролитическими конденсаторами C_2, C_7 и C_{12}.

Конденсатор C_9 и резистор R_{13} образуют цепь, улучшающую тембр звука. Желательный тембр звука подбирают при налаживании усилителя изменением сопротивления резистора R_{13} в пределах от 22 до 100 *ком*.

Лампочка $Л_5$ — сигнальная на 6,3 *в*. Она загорается при включении трансформатора питания в сеть.

Выходной трансформатор имеет две вторичные обмотки: *II* и *III*. На каждой из них получается напряжение звуковой частоты около 15 *в*. Если обе обмотки включены последовательно (зажимы *2* и *3* соединены), то в трансляционные линии можно подавать два напряжения: 30 *в* — суммарное напряжение обеих обмоток и 15 *в* — напряжение каждой обмотки.

Гнезда $Гн_{тел}$ нужны для головного телефона, с помощью которого осуществляется контроль за работой радиоузла на слух. Эти гнезда подключены к одной из вторичных обмоток выходного трансформатора через делитель напряжения, состоящий из резисторов R_{16} и R_{17}, чтобы звук в телефоне не был чрезмерно сильным Общее сопротивление делителя напряжения $R_{16}R_{17}$ может быть в пределах от 5 до 10 *ком*. Чем меньше сопротивление R_{17} по сравнению с сопротивлением резистора R_{16}, тем меньшее напряжение подается к контрольному телефону, тем слабее в нем звук. На громкость работы радиоточек делитель напряжения никакого влияния не оказывает.

Детали. Емкость конденсаторов и сопротивления резисторов, кроме R_1, R_2, R_{16} и R_{17}, которые, как я уже сказал, надо подбирать во время налаживания усилителя, указаны на принципиальной схеме Переменный резистор R_8 должен быть с выключателем (типа ТК) для включения усилителя в сеть. Конденсаторы C_4 и C_{11} — слюдяные или керамические. Электролитические конденсаторы C_2, C_7, C_{12} — на рабочее напряжение 20—30 *в*, C_{13} и C_{14} — на рабочее напряжение 450 *в* Остальные конденсаторы могут быть любого типа. Для переключателя вида передач лучше всего подойдет тумблер.

Ламповая панель выходной лампы обязательно должна быть фарфоровой. Если будет использована пластмассовая панель, то в ней необходимо лобзиком сделать пропилы между гнездами *2*, *3* и *4*. Дело в том, что в анодной цепи этой лампы развивается значительное напряжение звуковой частоты, которое может пробить изоляционный материал панели. Из-за этого усилитель будет работать с искажениями и может вообще испортиться. Пропилы предупредят эти неприятности.

Выходной трансформатор самодельный. Его надо намотать на сердечнике с площадью сечением 6—8 $см^2$. Первичная обмотка содержит 2 500 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2, а вторичные обмотки — по 300 витков провода ПЭЛ 0,4—0,6. Сердечник собирается с воздушным зазором 0,3—0,5 *мм* (полоска из тонкого картона).

Мощность трансформатора питания $Тр_2$ не меньше 70 *вт* (бо́льшая мощность не повредит). Подойдут заводские трансформаторы, например, от радиоприемников «Балтика», «Урал» или самодельный. Повышающая обмотка самодельного трансформатора должна быть рассчитана на напряжение около 600 *в* (две секции по 300 *в*). Дроссель фильтра выпрямителя заводской или самодельный. Данные самодельного дросселя: сечение сердечника 5—6 *см*²; воздушный зазор около 0,2 *мм*; обмотка 3 000—3 500 витков провода ПЭЛ 0,18—0,20.

Звукосниматель и электродвигатель могут быть любого типа. Желательно приобрести электропроигрыватель, рассчитанный на проигрывание как обычных, так и долгоиграющих пластинок. Микрофон типа ДМК, МД, РДМ или любой другой электродинамического типа. Рекомендуем приобрести недорогой микрофон типа МД-41.

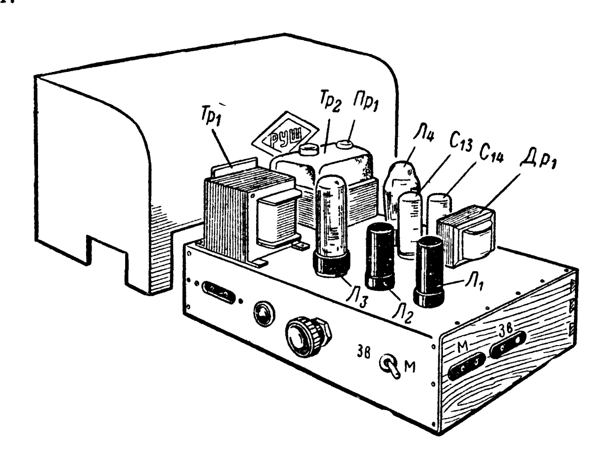


Рис. 322. Внешний вид усилителя радиоузла.

В качестве микрофона можно использовать трансляционный электродинамический громкоговоритель с выходным (согласующим) трансформатором. В этом случае трансформатор громкоговорителя будет выполнять роль микрофонного. Громкоговоритель, используемый вместо микрофона, должен иметь хороший без вмятин и разрывов диффузор, иначе он будет искажать звук.

В первых двух каскадах усилителя лампы 6Ж8 можно заменить лампами 6Ж1П, 6Ж3П, 6Ж5П и многими другими маломощными пентодами. В выходном каскаде вместо лампы 6П3С можно использовать лампы 6П14П, 6П18П, 6П1П, но в этом случае выходная мощность усилителя уменьшится до 3—4 *вт*.

Конструкция и монтаж. Внешний вид усилителя радиоузла показан на рис. 322, а его монтаж — на рис. 323. Примерные размеры шасси 300 × 200 × 80 *мм*. Верхняя и передняя панели шасси сделаны из одного куска листового металла толщиной 1,5 *мм*; задняя и боковые стенки — дощатые толщиной 8—10 *мм*. Шасси может быть и цельнометаллическим.

На передней панели находятся переключатель вида работы, регулятор громкости с выключателем сети, «глазок» сигнальной лампочки и гнезда для включения контрольного телефона. На правой стенке расположены гнезда для включения микрофона и звукоснимателя, на левой — колодочка с выходными зажимами усилителя. Зажим заземления находится на задней стенке шасси; сквозь нее же выведен сетевой шнур. Значительная часть резисторов и конденсатор расположены на монтажной планке.

Усилитель закрывается фанерным футляром, имеющим в нижней части вырезы для ручек управления и колодочки выходных зажимов усилителя, вилок микрофона и звукоснимателя. Для охлаждения усилителя в его футляре необ-

ходимо предусмотреть вентиляционные жалюзи и отверстия. Сняв футляр, можно знакомить учащихся с устройством усилителя.

Проводники, идущие от звукоснимателя и микрофона к переключателю $П_1$ и от него к управляющей сетке лампы $Л_1$, а также от резистора R_8 к управляющей сетке лампы $Л_2$, должны быть предельно короткими и обязательно экранированными. Металлическая панель шасси используется как проводник. Необходимые соединения с панелью осуществляются при помощи жестяных лепестков, подложенных под болтики, крепящие ламповые панели. Цепь накала ламп выполняется витым проводом и соединяется с панелью в одной точке; если использовать панель вместо одного из проводников цепи накала, может появиться фон переменного тока. По той же причине незаземленные гнезда звукоснимателя и микрофона необходимо тщательно изолировать от деревянной стенки шасси, надев на них резиновые или полихлорвиниловые трубки.

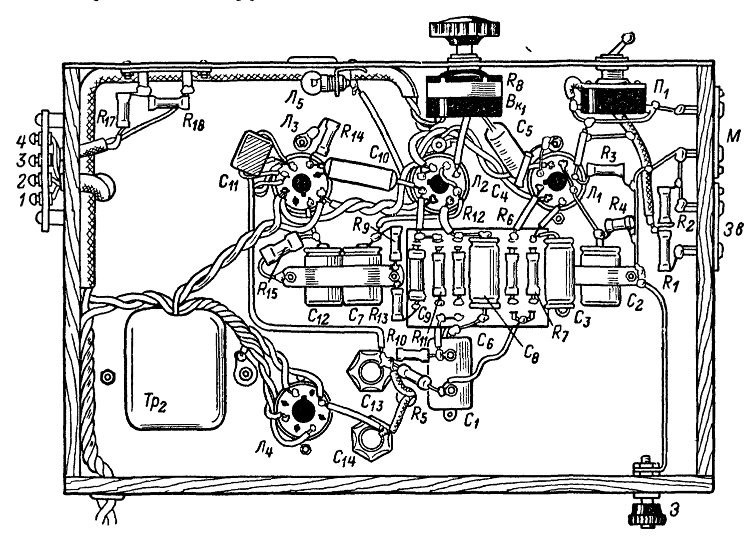


Рис. 323. Монтаж 5-ваттного усилителя школьного радиоузла.

Налаживание. Если монтаж выполнен правильно с использованием заведомо исправных деталей, наладить усилитель, придерживаясь советов, изложенных в предыдущей беседе, не составит большого труда.

Ориентировочные напряжения, которые должны быть на анодах и экранирующих сетках лампы, а также напряжения смещения указаны на принципиальной схеме радиоузла.

Первое испытание радиоузла производится при выключенных линиях. При этом на выход усилителя включается временная «нагрузка». В качестве такой нагрузки можно использовать автомобильную 12-вольтную лампочку, подключив ее к одной из вторичных обмоток выходного трансформатора. При наиболее сильных сигналах нить накала лампочки должна светиться. К другой вторичной обмотке присоединяется трансляционный громкоговоритель.

Включать и испытывать усилитель без нагрузки недопустимо — может испортиться выходной трансформатор

При испытании усилителя на работу от микрофона громкоговоритель должен быть вынесен за пределы помещения, в котором находится микрофон. В противном случае между микрофоном и громкоговорителем создастся так называемая акустическая обратная связь и громкоговоритель начнет «выть». Это надо помнить всегда, особенно при ведении радиопередач.

Общее сопротивление делителя R_1R_2, подключаемого к гнездам звукоснимателя, может быть в пределах от 82 до 100 *ком*. Резисторы делителя надо подобрать так, чтобы напряжение сигнала на резисторе R_2 было примерно равно напряжению, развиваемому микрофоном. Практически эту задачу можно решить следующим путем. Составьте цепочку из одинаковых по сопротивлению резисторов, например, по 51 *ком*. В этом случае на вход усилителя будет подаваться половина напряжения, развиваемого звукоснимателем. Если радиоузел от звукоснимателя будет работать громче, чем от микрофона, сопротивление резистора R_1 придется увеличить. И, наоборот, сопротивление этого резистора придется уменьшить, если радиоузел будет громче работать от микрофона.

Окончательно усилитель радиоузла налаживайте при включенных линиях, нагруженных громкоговорителями, и, конечно, когда в школе нет занятий.

Оборудование радиоузла и трансляционных линий

Оборудование радиоузла сводится к размещению и соединению входящих в него устройств и приборов, монтажу линейного распределительного щитка и проводке линий к громкоговорителям. Для радиоузла желательно иметь небольшую, но отдельную комнату или постоянное место, например, в физическом кабинете или пионерской комнате.

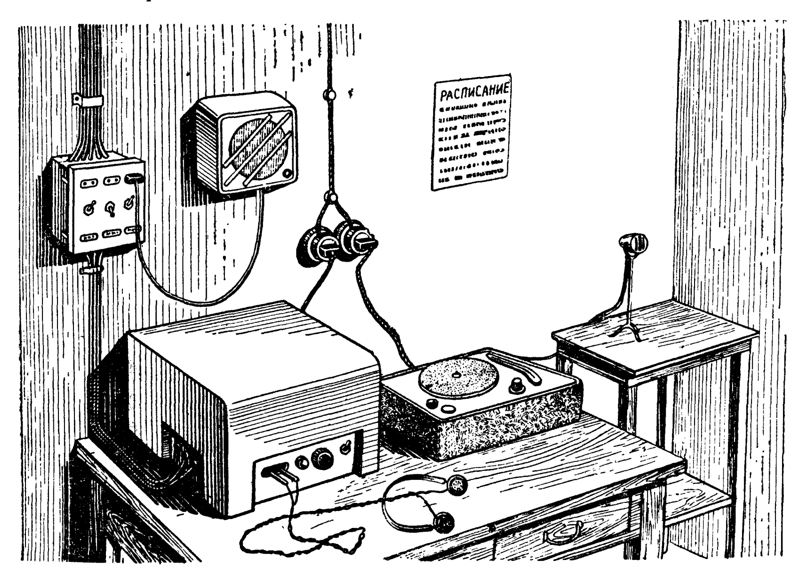


Рис. 324. Примерное расположение оборудования школьного радиоузла.

Примерное расположение и монтаж оборудования радиоузла показаны на рис. 324. Микрофон и звукосниматель соединяются с усилителем экранированными проводами. Их металлические оплетки заземляются или используются как заземленные проводники. Микрофон во время передачи устанавливается на расстояние не менее 80—100 *см* от стены.

Провода от усилителя к линейному распределительному щиту прокладываются по стене и от него разветвляются по коридорам школы. Для трансляционных линий можно использовать двухжильный провод в полихлорвиниловой изоляции, применяемый для электропроводки.

Линейный распределительный щит — это несколько переключателей, смонтированных на доске из листового эбонита, текстолита или другого прочного изоляционного материала. Каждая линия должна иметь свой переключатель. Размер щита зависит от габаритов и числа устанавливаемых на нем переключателей.

Одна из возможных конструкций щита, рассчитанного на три трансляционные линии, и его принципиальная схема показаны на рис. 325. К щиту (на схеме он обведен штриховыми линиями) подведены провода от выходного трансформатора. Провод, идущий от его зажима *4*, является общим для всех линий. По этой схеме в линию *3* подается напряжение только с обмотки *III* трансформатора (15 *в*).

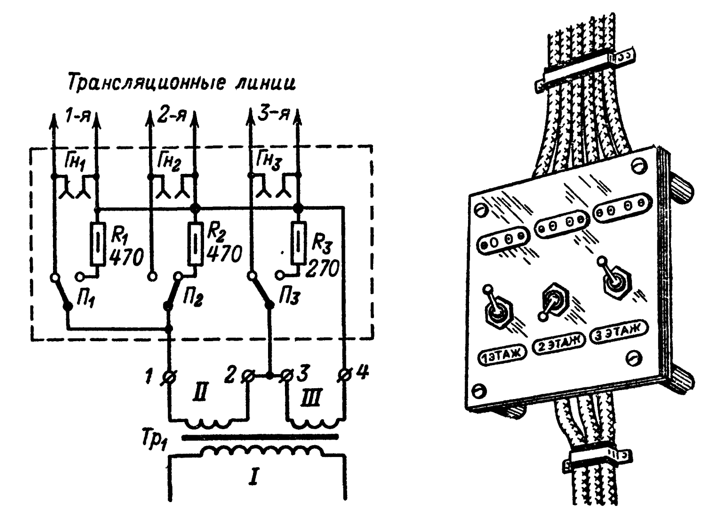


Рис. 325. Принципиальная схема и устройство линейного распределительного щита.

В нее, следовательно, включаются трансляционные громковорители, рассчитанные на напряжение 15 *в*. Линии *1* и *2* рассчитаны на 30-вольтовые громкоговорители, так как в них подается напряжение обеих обмоток трансформатора. Включение линий осуществляется переключателями $П_1$, $П_2$ и $П_3$. Когда линии выключены, вместо них к выходным обмоткам трансформатора подключаются нагрузочные резисторы R_1, R_2 (по 470 *ом*) и R_3 (270 *ом*). Резистор R_1 относится к линии 1, R_2 — к линии *2* и R_3 — к линии *3*. Если этих резисторов не будет, то при выключенных линиях может произойти пробой в выходном трансформаторе. В качестве переключателей используются тумблеры.

Параллельно каждой линии на щите смонтированы контрольные гнезда $Гн_1$, $Гн_2$ и $Гн_3$. Они служат для проверки работы и измерения сопротивления каждой линии в отдельности, что бывает необходимо при отыскании неисправностей в линиях.

Линейный распределительный щит крепится к стене шурупами на четырех фарфоровых роликах. Рядом с ним может быть контрольный громкоговоритель, схема радиоузла и трансляционной сети, расписание работы радиоузла.

Радиоузел, о котором я здесь рассказал, отдает в трансляционную сеть мощность тока низкой частоты около 5 *вт*. Эта мощность, конечно, невелика, но и не так уж мала, если умело распределить ее между громкоговорителями. Ведь мощности нашего усилителя достаточно для хорошей работы 15—25 трансляционных электродинамических громкоговорителей, чего хватит для радиофикации школы средних размеров. Именно такие громкоговорители я и рекомендую использо-

вать для радиофикации коридоров и других помещений школы. А в актовом или физкультурном зале, где ребята собираются в торжественные дни, можно установить два-три более мощных громкоговорителя, укрепив их на больших акустических досках, чтобы они лучше звучали. К ним можно подвести отдельные линии, которые будут включаться только на время больших сборов. Все остальные линии на это время придется выключить.

Усовершенствования радиоузла

В усилитель простого радиоузла можно внести ряд усовершенствований. Вот некоторые из них. Вместо двух постоянных резисторов R_1 и R_2 на входе усилителя можно поставить переменный резистор сопротивлением 100—200 *ком* (рис. 326). Это позволит быстро согласовать громкости передачи от микрофона и звукоснимателя при замене одного из этих приборов. А если вместо одного переключателя рода работы поставить два выключателя ($Вк_м$ и $Вк_{зв}$ на рис. 326), то можно будет включать и выключать микрофон и звукосниматель независимо друг от друга. Это к тому же позволит передавать разговорную речь на фоне музыки.

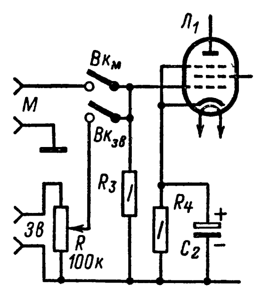


Рис. 326. Схема видоизмененной входной части усилителя радиоузла.

Переменным резистором можно заменить и делитель напряжения контрольного телефона, что позволит по желанию изменять громкость звучания телефона. Можно также сделать плавную регулировку тембра звука, заменив постоянный резистор R_{13} переменным.

В усилитель можно ввести звено частотной коррекции, позволяющее осуществлять плавную регулировку тембра звука раздельно по высшим и низшим частотам звукового диапазона. Схема такого звена, включенного между лампами первого и второго каскадов усилителя, показана на рис. 327. На ней новые детали обозначены подстрочными буквами *а* — *г*.

Звено коррекции тембра звука образуют две параллельные цепи: по низшим частотам звукового диапазона — резисторы $R_а$, R_8, $R_б$ и конденсаторы $C_б$ и $C_в$, а по высшим частотам — конденсаторы $C_а$, $C_г$ и резистор $R_в$. Регулировка тембра звука по низшим частотам осуществляется резистором R_8 (бывший регулятор громкости), по высшим — резистором $R_в$. Этими регуляторами можно в широких пределах изменять частотную характеристику усилителя, а следовательно, и тембр звука.

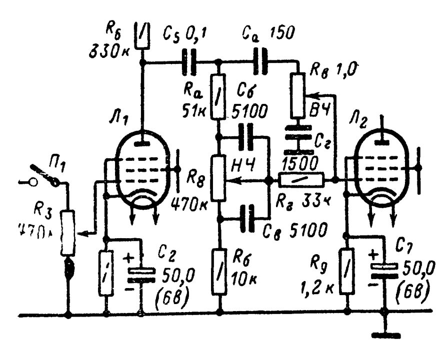


Рис 327. Схема включения звена частотной коррекции.

Регулировка громкости теперь осуществляется переменным резистором R_3 на входе усилителя, который заменил бывший постоянный резистор утечки управляющей сетки лампы первого каскада.

Если выходная мощность усилителя окажется недостаточной для радиофикации школы, можно увеличить ее до 15—20 *вт*. Для этого к нему нужно добавить двухтактный усилитель мощности.

На рис. 328 показаны схемы двух вариантов усилителя с двухтактным мощным выходным каскадом. В обоих усилителях лампа $Л_1$ (6С5С, 6С2П или один триод ламп 6Н8С, 6Н9С, 6Н1П, 6Н2П, 6Н3П) работает в предоконечном фазоинверсном каскаде, а лампы $Л_2$ и $Л_3$ (6П3С или 6П6С, 6П1П, 6П14П, 6П15П)—

в двухтактном усилителе мощности. Управляющая сетка первой лампы усилителя (в схеме на рис. 328, *б* — сетка левого триода) соединяется с обкладкой конденсатора C_{10}, обращенной к управляющей сетке лампы выходного каскада 5-ваттного усилителя.

С принципом работы двухтактного усилителя ты уже знаком. В усилителе по схеме на рис. 328, *а* напряжение низкой частоты подается на управляющие сетки ламп со вторичной обмотки междулампового трансформатора $Тр_1$, а в усилителе по схеме на рис. 328, *б* — с анодов сдвоенного триода. Второй усилитель хорош тем, что в нем нет дополнительного междулампового трансформатора.

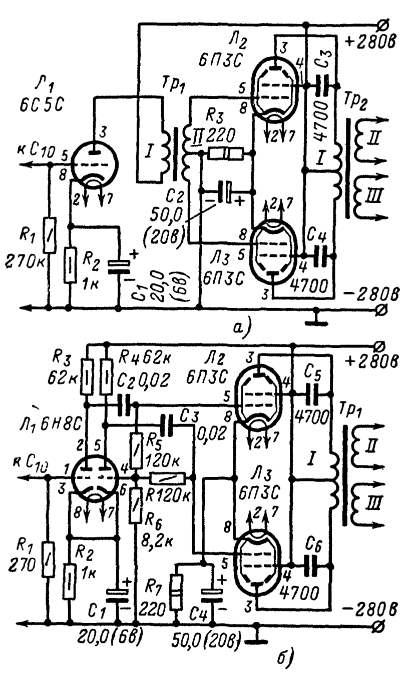


Рис. 328. Принципиальные схемы двухтактного усилителя мощности низкой частоты.

Междуламповый трансформатор $Тр_1$ (схема на рис. 328, *а*) имеет сердечник сечением 5—6 *см*². Его первичная обмотка содержит 3 000 витков провода ПЭВ 0,12—0,15, а вторичная — 12 000 витков того же провода с отводом от 6 000-го витка. Выходной трансформатор обоих усилителей имеет сердечник сечением 9—10 *см*². Первичная обмотка содержит 1 600 витков ПЭВ 0,15—0,2 с отводом от 800-го витка, а обмотки *II* и *III* — по 250—300 витков провода ПЭВ 0,4—0,5.

На выходном трансформаторе может быть еще одна обмотка — для питания электродинамического громкоговорителя без согласующего трансформатора. Она должна содержать 30—40 витков провода ПЭВ 1,0—1,2.

В качестве выходного трансформатора можно использовать трансформатор питания, повышающая обмотка которого имеет вывод от середины. Эта обмотка включается как первичная обмотка, а сетевая и накальная обмотки используются как вторичные обмотки выходного трансформатора.

Усилитель мощности можно смонтировать в виде отдельной приставки и питать от самостоятельного выпрямителя, собранного по двухполупериодной схеме на кенотроне или полупроводниковых плоскостных диодах. Если же вы решите сразу делать для радиоузла усилитель с двухтактным выходным каскадом, для блока питания такого усилителя надо будет использовать трансформатор мощностью не менее 100 *вт*.

Школьное радиовещание

Оборудование радиоузла должно быть всегда в образцовом порядке. Плохое качество работы радиоузла быстро подорвет авторитет его конструкторов. Поэтому надо внимательно следить за исправностью его аппаратуры и линий.

Так как строительство и техническую эксплуатацию радиоузла обычно осуществляет школьный радиокружок, из его состава выделяется один более опытный учащийся, который постоянно следит за исправностью и сохранностью аппаратуры и трансляционной сети. Он же назначает дежурных операторов радиоузла и линейных монтеров, инструктирует их.

Работа радиоузла должна вестись по строгому расписанию, утверждаемому директором школы. Планирование и организация передач возлагаются на редколлегию школьного радиовещания, выбранную на комсомольском собрании и совете пионерской дружины школы. Редколлегия имеет своих корреспондентов, редактирует поступающие от них заметки, составляет программы передач. Текстовой материал каждой передачи утверждается директором или заведующим учебной частью школы. Все передачи регистрируются в дневнике радиоузла.

Опыт работы школьных радиоузлов показывает, что передачи целесообразно вести во время больших перемен.

Транзисторный радиоузел

Туристский палаточный лагерь или полевой стан ученической производственной бригады, где, возможно, тебе и твоим товарищам придется быть летом, тоже надо постараться радиофицировать, чтобы и там можно было слушать музыку, новости дня, узнать, какая на следующие дни ожидается погода.

Если в предполагаемом месте разбивки самодеятельного туристского лагеря или на полевом стане не будет электросети, не беда — выручит транзисторный радиоузел.

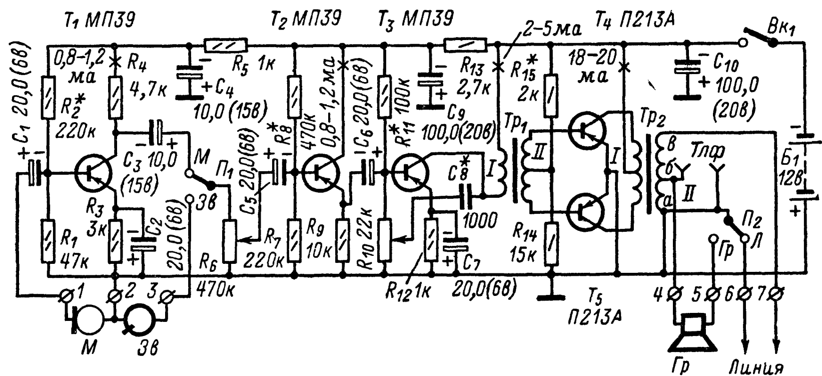


Рис. 329. Принципиальная схема радиоузла.

Принципиальная схема такого радиоузла показана на рис. 329 *. Усилитель радиоузла транзисторный. Его выходная мощность около 1,5 *вт*, что достаточно для радиофикации 10—12 палаток или озвучения костровой, игровой или иной площадки, где по вечерам собираются ребята. Усилитель позволяет передавать объявления, информировать о планах и событиях лагеря, транслировать концерты грамзаписи, а если к нему добавить приемную приставку, то и программы радиовещательных станций. Батареи питания, составленной из 6 батарей типа КБС-Л-0,50, при ежедневной 4—5-часовой работе радиоузла хватает на 4—5 дней, а батареи из 9 элементов типа 373 при той же нагрузке — на 10—12 дней.

Усилитель четырехкаскадный, пятитранзисторный. Его первый каскад на транзисторе T_1 является микрофонным усилителем, второй и третий на транзисторах T_2 и T_3 — предварительным усилителем напряжения, четвертый, выходной, каскад на транзисторах T_4 и T_5 — двухтактным усилителем мощности. Транзистор T_2 включен по схеме общего коллектора, все остальные транзисторы — по схеме общего эмиттера. Связь между первыми тремя каскадами — емкостная, а между третьим и выходным каскадами — с помощью трансформатора низкой частоты

* Конструкция усилителя радиоузла заимствована из журнала «Радио» № 6 за 1967 г.

$Тр_1$. Трансформатор $Тр_1$, кроме того, обеспечивает подачу на базы транзисторов T_4 и T_5 напряжений низкой частоты в противофазе, необходимых для работы двухтактного усилителя мощности.

Делители R_1R_2, R_7R_8, $R_{10}R_{11}$ и $R_{14}R_{15}$ создают на базах транзисторов требуемые напряжения смещения. Для повышения температурной стабильности работы транзисторов T_1 и T_3 в их эмиттерные цепи включены резисторы R_3 и R_{12}. Резистор R_5 и конденсатор C_4, а также резистор R_{13} и конденсатор C_9 образуют ячейки развязывающих фильтров, предотвращающие паразитную связь между каскадами через общую цепь питания.

Регулирование громкости осуществляется переменным резистором R_6, а частотная коррекция — резистором R_{10}, образующим вместе с конденсатором C_8 цепь отрицательной обратной связи между коллектором и базой транзистора T_3.

Микрофон подключают к зажимам *1* и *2*, а звукосниматель — к зажимам *2* и *3* входа усилителя. Переход с одного вида передачи на другой осуществляется переключателем $П_1$. При включении микрофона его низкочастотный сигнал через конденсатор C_1 подается на вход первого каскада, усиливается транзистором T_1, а от него, пройдя через конденсатор C_3, контакты переключателя $П_1$, регулятор громкости R_6 и конденсатор C_5, — на вход второго каскада. При включении звукоснимателя сигнал подается (через R_6 и C_5) сразу на вход второго каскада, минуя первый. С выхода усилителя мощности энергия низкой частоты поступает к громкоговорителям.

Вся вторичная обмотка выходного трансформатора $Тр_2$ рассчитана на питание трансляционной линии, загруженной маломощными электродинамическими громкоговорителями с согласующими (понижающими) трансформаторами, а ее секция *а* — *б* — на питание одного громкоговорителя мощностью 1—2 *вт* с низкоомной звуковой катушкой. Гнезда *Тлф*, подключенные параллельно секции *а* — *б* обмотки, служат для контрольного телефона.

Трансляционную линию подключают к зажимам *6* и *7*, а громкоговоритель — к зажимам *4* и *5*. С помощью переключателя $П_2$ включается либо только трансляционная линия, либо только громкоговоритель.

Конструкция, детали и монтаж. В собранном виде радиоузел может представлять собой фанерный чемодан с откидной крышкой, являющейся акустической доской укрепленного на ней электродинамического громкоговорителя, например, типа 1ГД-18. С внутренней стороны в крышке могут быть ячейки, образованные фанерными перегородками, для хранения малогабаритных громкоговорителей-радиоточек.

Монтажная плата усилителя, входные и выходные зажимы, переключатели $П_1$ и $П_2$, батарея питания и ее выключатель $Вк_1$, гнезда контрольного телефона размещены на сборочной панели, являющейся передней стенкой корпуса усилителя (рис. 330). Между платой усилителя и батареей питания на панели предусмотрено место для радиоприемной приставки или готового малогабаритного приемника. Размеры платы усилителя 230 × 100 *мм*, сборочной панели — 315 × 265 *мм*.

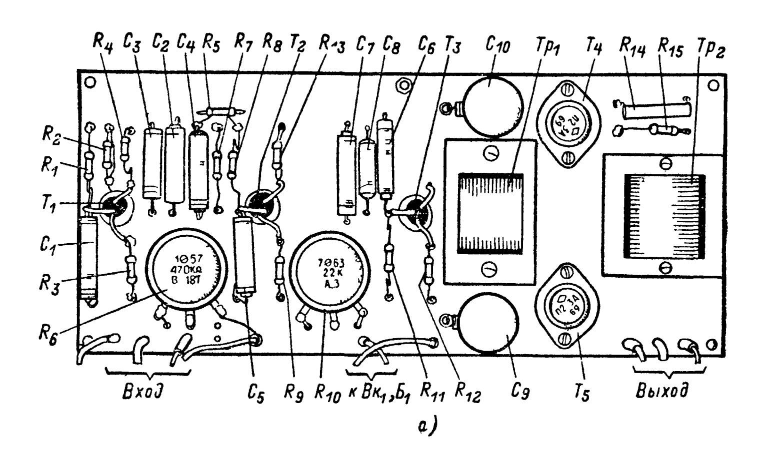
Транзисторы T_1 — T_3 могут быть типов МП39—МП42, а T_4 и T_5, кроме П213, типов П201 — П203 с любым буквенным обозначением. Коэффициенты усиления транзисторов $B_{ст}$ могут быть от 30 до 100. Коэффициенты усиления $B_{ст}$ и обратные токи коллекторов $I_{к0}$ транзисторов T_4 и T_5 не должны отличаться более чем на 20%, иначе усложнится налаживание двухтактного усилителя мощности.

Переменные и постоянные резисторы могут быть любого типа и на любые мощности рассеяния.

Электролитические конденсаторы C_9 и C_{10}, использованные в усилителе, типа КЭ, но они могут быть и других типов, например К50-3, К50-6. Конденсатор C_8 типа БМ, КД или КСО.

Переключатели $П_1$ и $П_2$ входа и выхода усилителя, выключатель питания $Вк_1$ могут быть любыми (в описываемой конструкции поставлены тумблеры типа ТВ2-1). Зажимы также любые; в качестве зажимов можно использовать винты с гайками.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ — самодельные. Данные трансформатора $Тр_1$: сердечник из пластин Ш-9, толщина набора 15 *мм*; первичная (*I*) обмотка содержит



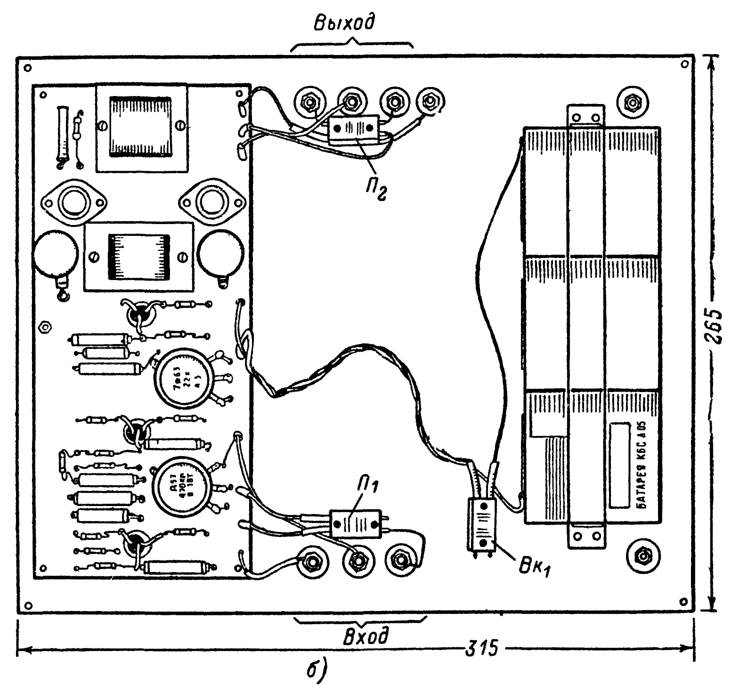


Рис 330 Монтаж усилителя

а — плата усилителя, *б* — вид на сборочную панель сзади

1 600 витков провода ПЭВ 0,15, вторичная (*II*) — 500 витков такого же провода с отводом от середины (250 + 250 витков) Сердечник трансформатора $Тр_2$ собран из пластин Ш 12, толщина набора 20 *мм* Первичная (*I*) обмотка трансформатора имеет 320 витков провода ПЭВ 0,31 с выводом от середины (160 + 160 витков), а вторичная (*II*) — 160 витков провода ПЭВ 0,69 с отводом от 90 го витка (сек-

ция *а — б*), считая от заземленного конца. Трансформаторы укреплены на плате с помощью гетинаксовых накладок и винтов с гайками.

Монтажную плату и сборочную панель усилителя желательно выпилить из листового гетинакса или текстолита толщиной 2—2,5 *мм* или, в крайнем случае, из сухой хорошо проклеенной фанеры. Фанерные плату и панель следует пропитать олифой или масляным лаком, чтобы они не впитывали влагу.

Для радиофикации палаток лагеря лучше всего подойдут громкоговорители типов 0,1ГД-6, 0,1ГД-9 с переходными (понижающими) трансформаторами, роль которых могут выполнить малогабаритные выходные трансформаторы, рассчитанные для работы в двухтактных выходных каскадах транзисторных приемников.

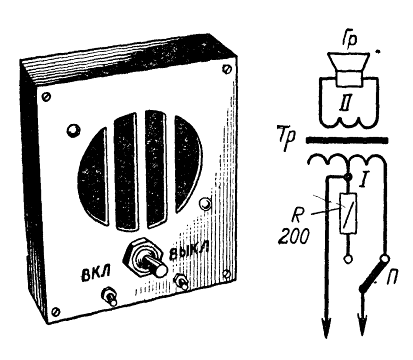


Рис. 331. Схема и конструкция радиоточки.

Конструкция и схема такой радиоточки показаны на рис. 331. Трансформатор подключают к трансляционной линии любой половиной его первичной обмотки. Вторичная (понижающая) обмотка соединена со звуковой катушкой громкоговорителя.

Переходный трансформатор может быть и самодельным. Чтобы трансформатор был малогабаритным, его надо собрать из пермаллоевых пластин Ш-6 толщиной набора 6 *мм*. Первичная обмотка трансформатора с таким сердечником должна содержать 450 витков провода ПЭВ 0,1, вторичная обмотка — 80 витков провода ПЭВ 0,23.

Переключатель *П* (тумблер) служит для включения и выключения радиоточки. Когда радиоточка выключена, вместо нее к линии подключается ее эквивалент — резистор *R* сопротивлением в 200 *ом*. Это сделано для того, чтобы общая нагрузка усилителя оставалась всегда примерно одинаковой, независимо от числа включенных и выключенных радиоточек.

Громкоговорители вместе с переходными трансформаторами, переключателями и резисторами смонтируйте в футлярах из фанеры или плотного толстого картона. Поверхности стенок футляров покройте 2—3 раза олифой или масляным лаком — для защиты от влаги.

Но можно, разумеется, для радиофикации палаток лагеря использовать и обычные трансляционные громкоговорители с их переходными (линейными) трансформаторами. Но тогда общее число таких радиоточек придется уменьшить.

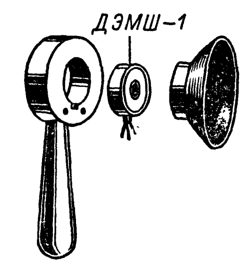


Рис. 332. Микрофон из капсюля ДЭМШ-1.

Роль микрофона может выполнять одна из радиоточек. Но значительно лучше будет работать телефонный капсюль ДЭМШ-1, подключенный ко входу усилителя всей обмоткой (средний вывод остается свободным). Держатель капсюля надо выточить или вырезать из сухого дерева и приделать к нему ручку (рис. 332). Капсюль должен плотного входить в отверстие держателя. Его выходными зажимами могут служить винты с гайками. Рупор, без которого эффективность работы капсюля снижается, надо склеить из плотного картона, просушить, а затем пропитать масляным лаком или клеем БФ-2. Его кольцо должно плотно входить в отверстие капсюльного держателя.

Можно также использовать угольный микрофон, например капсюль МК-10 или МК-59, включив его по схеме, показанной на рис. 333. Здесь резистор *R* является ограничителем тока и одновременно нагрузкой капсюля. Напряжение низкой частоты через конденсатор *С* подается на вход усилителя. Для питания

такого микрофона используется батарея усилителя. Сопротивление ограничительного резистора надо подобрать опытным путем, добиваясь неискаженного звуковоспроизведения.

Налаживание усилителя этого радиоузла ничем не отличается от налаживания подобных ему транзисторных усилителей с двухтактным выходным каскадом. Проверив и, если надо, установив рекомендуемые режимы работы транзисторов, подключите ко входу усилителя звукосниматель, а на выход — одно-двухваттный громкоговоритель. При проигрывании новой грампластинки громкоговоритель должен звучать без искажений и, конечно, громко. Тембр звука устанавливайте переменным резистором R_{10}. При желании сильнее подчеркнуть низкие частоты емкость конденсатора C_8 следует увеличить до 4 700—6 800 *пф*.

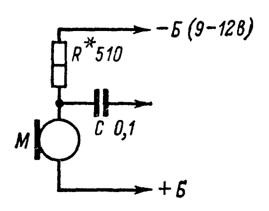


Рис. 333. Схема включения угольного микрофона.

Аналогично проверяйте усилитель и при работе от микрофона.

Трансляционная линия. В лагерных или полевых условиях трансляционную линию можно прокладывать любыми изолированными проводами, укрепляя их на опорах палаток, кольях или ветках деревьев. Главное — следить, чтобы в линии не было замыканий, чтобы не было утечки тока низкой частоты в землю через оголенные участки линейных проводов. Эта линия — времянка. Кончится лето — провода надо аккуратно свернуть и убрать до следующего лета.

Радиоприемная приставка. Для приема и трансляции программ радиовещательных станций можно использовать любой транзисторный приемник, подключая его выход ко входу усилителя радиоузла. Но для этой цели можно смонтировать простенький однотранзисторный приемник, например, по схеме на рис. 334. Здесь катушка L_1 и подстроечный конденсатор C_2 вместе с антенным устройством образуют колебательный контур, настроенный на местную радиостанцию. Катушка L_1 включена как автотрансформатор. Ее нижняя (по схеме) секция, содержащая примерно десятую часть витков, аналогична катушке связи. Создающееся на ней напряжение высокочастотного сигнала через конденсатор C_3 поступает на базу транзистора, работающего в режиме детектирования и усилителя колебаний низкой частоты. Низкочастотный сигнал через конденсатор C_4 и переключатель $П_1$ усилителя, который теперь должен быть трехпозиционным, подается на вход второго каскада усилителя радиоузла.

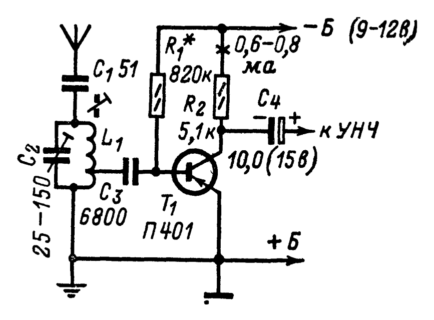


Рис. 334. Схема радиоприемной приставки.

Подобные приемники ты уже делал, поэтому нет надобности говорить о данных его деталей, конструкции и налаживании.

В лагерных условиях антенной может служить кусок изолированного провода, подвешенный на сучке дерева, а заземлением — железный штырь, вбитый в землю.

Отправляясь в туристский лагерь или полевой стан производственной бригады надо захватить с собой авометр и небольшой стержень из красной меди, которым бы (нагрев его на горячих углях) можно было пользоваться как паяльником. Мало ли что может случиться с радиоузлом в дороге или в лагере!

○

От приемника прямого усиления к супергетеродину

На рис. 342 изображена принципиальная схема сетевого супергетеродина. Прикрой листком бумаги левую часть этой схемы до штриховой линии и нарисуй на нем антенну и заземление, как это сделано на рис. 335. Получилась схема знакомого тебе приемника прямого усиления 0-V-1 с фиксированной настройкой. Контур L_6C_{11}, соединенный с управляющей сеткой лампы $Л_2$, работающей как сеточный детектор с обратной связью, индуктивно связан с антенным контуром L_5C_{10}. Лампа $Л_3$ работает как усилитель низкой частоты.

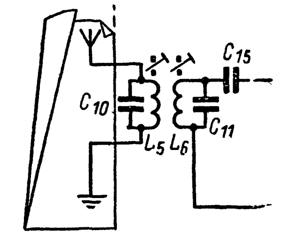


Рис. 335. Так надо прикрыть схему супергенератора.

Убери теперь листок бумаги и посмотри, откуда поступает в контур L_5C_{10} модулированный сигнал высокой частоты. Этот контур включен в анодную цепь лампы $Л_1$. Значит, высокочастотный сигнал поступает в контур из этой цепи.

Каким же образом при контуре с фиксированной настройкой удается получить прием радиостанций, работающих на волнах различной длины? Это обеспечивает преобразователь частоты, который ты прикрывал листком бумаги.

Сущность работы супергетеродина иллюстрирую блок-схемой, изображенной на рис. 336. Высокочастотные колебания, возбужденные радиоволнами в антенне, поступают в смеситель, роль которого выполняет электронная лампа или транзистор, работающие подобно усилителю. Сюда же, в смеситель, подводятся еще колебания высокой частоты, вырабатываемые вспомогательным генератором приемника — гетеродином. Эти два вида электрических колебаний, различающиеся по частоте, «смешиваются», в результате на выходе смесителя образуются колебания

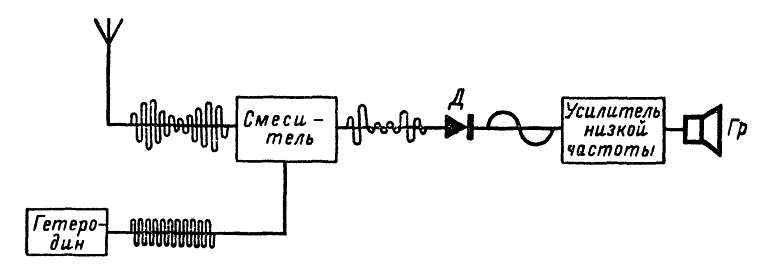


Рис. 336. Блок-схема супергетеродина.

новой, промежуточной частоты. Это тоже модулированные высокочастотные колебания, только иной частоты, которая остается постоянной при приеме радиостанции с любой длиной волны. Колебания промежуточной частоты поступают на детектор и преобразуются им в колебания низкой частоты. Далее, как в любом приемнике, идут усиление и преобразование низкочастотных колебаний в звук.

Смеситель и гетеродин образуют преобразователь частоты супергетеродина.

Преобразователь частоты

А теперь поподробнее разберем устройство и принцип работы преобразователя частоты супергетеродина.

Упрощенную схему преобразователя лампового супергетеродина ты видишь на рис. 337. Правая часть этой схемы, обведенная штриховыми линиями, — гетеродин. Она должна напомнить тебе схему однолампового радиоприемника с индуктивной обратной связью. Если подобрать соответствующим образом взаимосвязь катушки обратной связи L_3 с контурной катушкой L_2, нетрудно будет заставить лампу $Л_г$ гетеродина генерировать устойчивые колебания высокой частоты. Изменяя индуктивность контурной катушки L_2 и емкость конденсатора C_3, можно получить требуемую частоту вспомогательных колебаний. Эти колебания подаются на вторую сетку смесительной лампы $Л_с$. В анодную цепь смесительной лампы включен колебательный контур L_4C_6, настроенный на определенную, заранее выбранную частоту — п р о м е ж у т о ч н у ю. Индуктивно с этим контуром связан контур L_5C_7, настроенный на ту же частоту. Катушки L_4 и L_5 образуют п о л о с о в о й ф и л ь т р п р о м е ж у т о ч н о й ч а с т о т ы (ФПЧ). Так его называют потому, что он выделяет колебания определенной сравнительно узкой полосы частот.

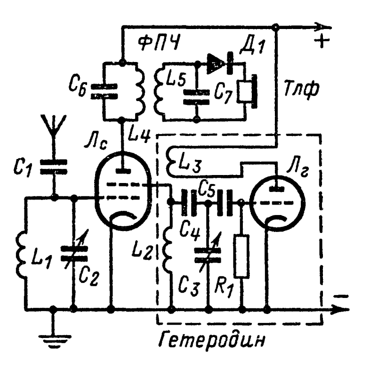


Рис. 337. Упрощенная схема преобразователя частоты супергетеродина с двумя электронными лампами.

Когда на сетки смесительной лампы поступают одновременно высокочастотные колебания от входного контура и от гетеродина, в анодной цепи лампы, а значит, и в контурах L_4C_6 и L_5C_7 появляется переменная составляющая новой, промежуточной частоты.

Колебания промежуточной частоты, выделенные контурами фильтра, могут быть диодом $Д_1$, как в приемнике прямого усиления, продетектированы, а создающиеся колебания низкой частоты — преобразованы телефоном *Тлф* в звук.

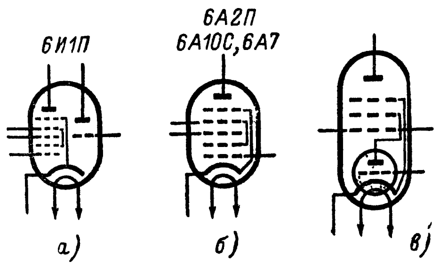


Рис. 338. Схематическое обозначение преобразовательных ламп сетевых супергетеродинов:

а — триод гептод; *б* — гептод; *в* — чертеж к объяснению принципа работы гептода.

В преобразовательных каскадах массовых промышленных и любительских ламповых супергетеродинов используются чаще всего лампы с пятью сетками — г е п т о д ы или т р и о д - г е п т о д ы, специально предназначенные для этой цели. Схематические обозначения наиболее распространенных ламп этого типа показаны на рис. 338.

Если для преобразователя используется триод-гептод, то триодная часть этой лампы работает в гетеродине, а гептодная часть — смесителем. В этом случае сигнал радиостанции, на которую настроен входной контур приемника, подается на первую от катода сетку гептода, а колебания гетеродина — на третью сетку.

Когда же в преобразователе используется гептод, его первая сетка служит управляющей сеткой гетеродина, вторая выполняет функцию анода гетеродина,

третья является управляющей сеткой смесителя, четвертая — экранирующей сеткой, а пятая — защитной. Вторая и четвертая сетки соединены внутри лампы.

Гептод является прибором, объединяющим в себе как бы две лампы с общим электронным потоком: триод и пентод. В триод входят катод, первая и вторая сетки, а остальные электроды вместе с триодом образуют пентод. Такое разделение гептода на две лампы иллюстрируется рис. 338, *в*. Здесь вторая сетка гептода условно изображена в виде анода, триод (покрыт точками) работает в гетеродине; в то же время он является источником электронов для пентода, т. е. как бы катодом для пентодной части. Управляющей сеткой пентодной смесительной части лампы служит третья от катода сетка, экранирующей — четвертая, а защитной — пятая.

Среди транзисторов пока что нет приборов, подобных преобразовательным электронным лампам. Их роль выполняют высокочастотные транзисторы, такие как П401 — П403. В преобразователях промышленных супергетеродинов часто используются два транзистора, один из которых работает в смесителе, второй — в гетеродине. Радиолюбители же отдают предпочтение более простым преобразователям — однотранзисторным.

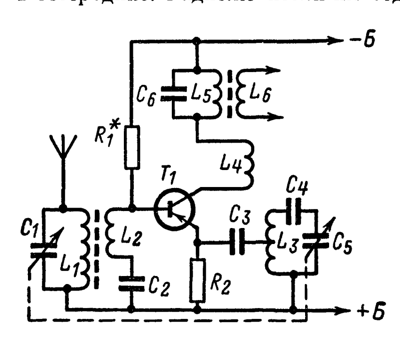


Рис. 339. Схема однотранзисторного преобразователя.

Схему одного из возможных однотранзисторных преобразователей частоты ты видишь на рис. 339. Входная часть этого преобразователя супергетеродина ничем не отличается от входной части высокочастотного каскада приемника прямого усиления. Катушка L_4, включенная в коллекторную цепь транзистора, и контур $L_3C_4C_5$ образуют гетеродинную часть преобразователя. Сущность ее работы аналогична работе одноlампового регенератора: благодаря индуктивной связи между катушками L_3 и L_4 в гетеродинном контуре $L_3C_4C_5$ возбуждаются электрические колебания. Частота этих колебаний определяется данными контура и регулируется конденсатором переменной емкости C_5.

Часть энергии высокочастотных колебаний, возникших в гетеродинном контуре, через конденсатор C_3 подается в цепь эмиттера, усиливается транзистором и через катушку L_4 вновь попадает в гетеродинный контур, поддерживая в нем колебания той частоты, на которую он настроен.

Таким образом, на ток транзистора воздействуют одновременно колебания сигнала принимаемой радиостанции и гетеродинного контура. Смешиваясь, они образуют колебания промежуточной частоты, которые выделяются коллекторной нагрузкой транзистора — контуром L_5C_6, настроенным на эту промежуточную частоту. Через катушку связи L_6 они подаются к усилителю промежуточной частоты, затем детектируются, а колебания низкой частоты преобразуются в звук.

Резистор R_2 в этом преобразователе можно рассматривать как нагрузку контура гетеродина, на котором выделяется переменное напряжение высокой частоты, вводимое в цепь эмиттера. Конденсатор C_3 является переходным элементом, связывающим контур гетеродина с транзистором.

Независимо от схемы преобразователя, ламп или транзисторов, работающих в этом каскаде супергетеродина, промежуточная частота равна разности частот гетеродина и принимаемой радиостанции. Промежуточная частота является частотой биений между частотами гетеродина и радиостанции. Чтобы в анодной цепи смесительной лампы создавались колебания одной и той же частоты при приеме любой радиостанции, гетеродин должен всегда генерировать колебания с частотой, превышающей частоту колебаний приходящего сигнала точно на выбранную промежуточную.

В большинстве радиовещательных супергетеродинов как ламповых, так и транзисторных промежуточная частота равна 465 *кгц* — частоте, на которой не работают радиовещательные станции. Следовательно, гетеродин приемника должен

генерировать колебания такой частоты, которая на 465 *кгц* выше частоты сигнала радиостанции. Так, например, если контуры фильтра промежуточной частоты приемника настроены на 465 *кгц*, то при приеме радиостанции, работающей на частоте 200 *кгц* (1 500 *м*) гетеродин должен генерировать колебания с частотой 665 *кгц*; при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц* (300 *м*), гетеродин должен генерировать колебания с частотой 1 465 *кгц*; при приеме станции, работающей на частоте 10 000 *кгц* (30 *м*), частота колебаний гетеродина должна быть 10 465 *кгц* и т. д.

Обеспечение постоянной разности между частотами настройки гетеродинного и входного контуров носит название сопряжения контуров. Оно достигается соответствующим выбором индуктивности катушек для каждого диапазона и одновременным изменением емкостей конденсаторов настройки этих контуров. А поскольку емкости их конденсаторов настройки одинаковы, индуктивность гетеродинной катушки должна быть несколько меньше индуктивности катушки входного контура.

Обращаю твое внимание на конденсатор C_4, входящий в оба разобранных здесь преобразователя (рис. 337 и 339). Он включен в контур гетеродина и именуется сопрягающим конденсатором. Будучи включенным последовательно с конденсатором настройки, он уменьшает общую емкость контура и тем самым сокращает диапазон колебаний частот, генерируемых гетеродином. Благодаря сопрягающему конденсатору в любой точке настройки супергетеродина частота колебаний гетеродина превышает частоту колебаний принимаемого сигнала на выбранную промежуточную частоту.

Сопряжение контуров разных диапазонов радиоволн достигается еще подстроечными конденсаторами, а также конденсаторами постоянной емкости, включаемыми параллельно катушкам гетеродинных контуров.

Запомни: точное сопряжение входных и гетеродинных контуров в соответствии с промежуточной частотой — непременное условие для работы супергетеродина.

Если сопряжение сделано недостаточно тщательно, приемник будет работать плохо.

Транзисторный супергетеродин

Транзисторные супергетеродины, в том числе и промышленные, чаще всего рассчитываются на прием радиовещательных станций только двух диапазонов — средневолнового и длинноволнового. Коротковолновый диапазон, обязательный для многих ламповых супергетеродинов, у них часто отсутствует. Объясняется это тем, что введение коротковолнового диапазона связано со значительными усложнениями схем и конструкций транзисторных супергетеродинов, которые не всегда оправдываются при эксплуатации их. Радиолюбители же чаще всего собирают еще более простые супергетеродины — однодиапазонные с учетом местных условий радиоприема, но обязательно с усилителем промежуточной частоты. Без усилителя промежуточной частоты транзисторный супергетеродин работает плохо.

Это краткое вступление может навести тебя на грустные размышления: есть ли смысл собирать транзисторный супергетеродин? Есть, конечно! Потому что избирательность супергетеродина лучше, чем у приемника прямого усиления, и чувствительность более равномерна по всему диапазону волн, перекрываемому приемником. В этом ты убедишься сам.

Принципиальная схема высокочастотной части и детектора транзисторного супергетеродина показана на рис. 340. Низкочастотная часть его, отсутствующая на схеме, ничем не отличается от усилителя низкой частоты приемника прямого усиления.

Преобразователь этого приемника однотранзисторный. Используемый в этом каскаде транзистор T_1 работает как смеситель и вспомогательный гетеродин. Катушка L_1, конденсатор переменной емкости C_1 и подстроечный конденсатор C_2 образуют входной контур приемника. Напряжение принятого сигнала с этого

контура подается на базу транзистора T_1 через катушку связи L_2. Контур гетеродина образуют катушка L_5, конденсатор переменной емкости C_8, сопрягающий конденсатор C_6 и подстроечный конденсатор C_7. Колебания из этого контура, возникающие в нем благодаря катушке обратной связи L_4, подаются через разделительный конденсатор C_5 в эмиттерную цепь транзистора. Нагрузкой транзистора служит одноконтурный фильтр L_6C_4, настроенный на промежуточную частоту 465 *кгц* Усилитель промежуточной частоты работает точно так же, как усилитель высокой частоты приемника прямого усиления, с той лишь разницей, что нагрузкой транзистора T_2 этого каскада служит контур L_8C_{11}, настроенный, как и контур L_6C_4, на промежуточную частоту. Входная цепь этого каскада посредством катушки L_7 связана индуктивно с нагрузкой преобразователя, а выходная — с детектором.

Начиная с катушки L_9, связывающий каскад усиления промежуточной частоты с детекторным каскадом, все идет, как в приемнике прямого усиления: выделенные детектором колебания низкой частоты с его нагрузочного резистора R_6, заблокированного конденсатором C_{13}, через электролитический конденсатор C_{12} подаются на вход двух-трехкаскадного усилителя низкой частоты.

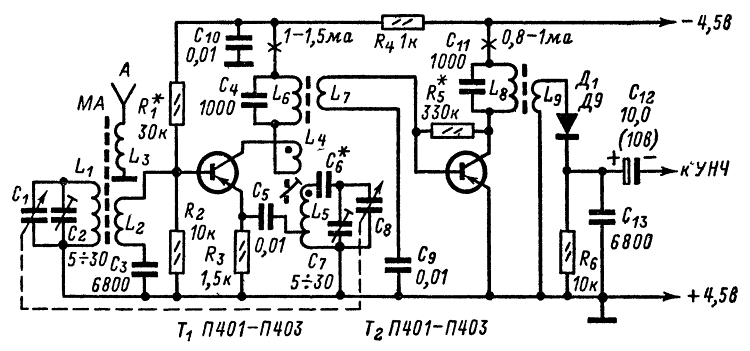


Рис. 340. Принципиальная схема высокочастотной части и детектора транзисторного супергетеродина.

Чтобы лучше стабилизировать работу преобразовательного транзистора, смещение на его базу подается с делителя напряжения R_1R_2 Наивыгоднейший режим работы транзистора устанавливается подбором сопротивления резистора R_1. Резистор R_4 и конденсатор C_{10} — развязывающий фильтр.

Для повышения чувствительности приемника предусмотрена возможность подключения к нему комнатной антенны, штыря или куска проволоки длиной около 1,5 *м* В этом случае связь внешней антенны с входным контуром преобразователя индуктивная, через катушку L_3.

Детали. Данные большинства деталей высокочастотной части супергетеродина указаны на ее принципиальной схеме (рис. 340). Не указаны лишь емкости конденсаторов C_1 и C_8 настройки контуров и сопрягающего конденсатора C_6. Объясняется это тем, что мы не знаем, каким блоком конденсаторов переменной емкости ты располагаешь, на какой диапазон волн намерен рассчитывать приемник и какой сердечник будешь использовать для гетеродинной катушки L_5. Эти данные взаимосвязаны и определяют емкость сопрягающего конденсатора.

В приемнике можно использовать любой блок конденсаторов, в том числе обычный блок с наибольшей емкостью 495 *пф*. Желательно, однако, чтобы он был малогабаритным, таким как в промышленных транзисторных супергетеродинах.

Но и в промышленных приемниках стоят разные по конструкции и емкости блоки конденсаторов В приемниках «Спутник» и «Сюрприз», например, используются блоки конденсаторов с наибольшей емкостью до 170 *пф*, в «Неве» — 180 *пф*, в «Атмосфере» — 250 *пф*, в «Спидоле» — 375 *пф*, а в «Восходе» — 495 *пф*.

Высокочастотные сердечники, которые можно использовать для гетеродинной катушки L_5, тоже могут быть разными. Можно, например, использовать броневой (горшкообразный) карбонильный сердечник марки СБ-12 *а*, в который помещается катушка (рис. 341,*б*), или кусочек ферритового стержня, находящийся внутри самодельного каркаса катушки (рис. 341,*в*). Различные сердечники — разные числа витков катушки.

Ориентировочные данные катушек L_1 и L_5 с учетом использования в приемнике разных блоков конденсаторов переменной емкости и сердечников для гетеродинной катушки L_5 приведены в табл. 2. В ней указаны и емкости сопрягающего конденсатора C_6, соответствующие этим данным.

Ферритовый стержень магнитной антенны марки 400НН или 600НН диаметром 8 и длиной 100—120 *мм*. Контурную катушку L_1 намотай непосредственно на ферритовый стержень в средней части его, а катушку связи L_2 и катушку L_3 внешней антенны — на бумажных гильзах, которые должны перемещаться вдоль стержня (рис. 341, *а*). Все катушки наматывай проводом ПЭВ или ПЭЛШО 0,1—0,12.

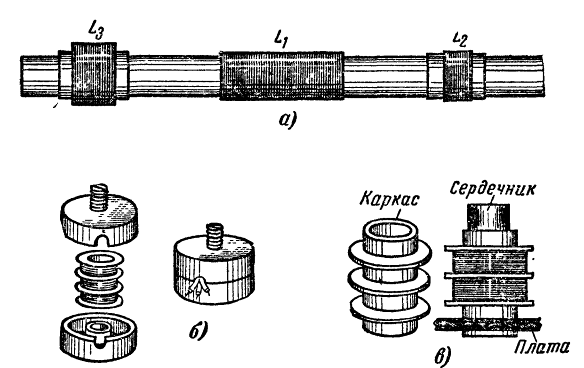


Рис. 341. Катушки супергетеродина.

Если приемник рассчитывается на средневолновый диапазон, катушку L_1 наматывай в один слой, виток к витку. Если же он будет длинноволновым, эту катушку следует наматывать секциями «внавал» или способом «Универсаль».

Катушка связи L_2 должна иметь 8—12 витков. Окончательное число витков этой катушки подберешь при налаживании приемника.

Число витков катушки L_3 должно быть примерно в 2—3 раза больше числа витков катушки L_1. Намотка «внавал» или «Универсаль».

Для гетеродинных катушек желательно использовать броневой карбонильный сердечник СБ-12а, показанный на рис. 341, *б*. На секционированный полистироловый каркас, предназначенный для этого сердечника, сначала намотай проводом ПЭВ 0,1—0,12 контурную катушку L_5, распределив витки в ее секциях поровну. Отвод, идущий к эмиттеру транзистора, сделай от 4-го витка (для средних волн) или от 6-го витка (для длинных волн), считая от заземленного конца. Затем поверх витков средней секции намотай тем же проводом катушку обратной связи L_4. Всего она должна содержать около 20 витков. Каркас с катушками помести внутрь сердечника, предварительно надев на их выводы короткие отрезки хлорвиниловой трубки, чтобы не попортить изоляцию провода. Горшкообразные половинки сердечника склей лаком или клеем БФ-2.

Если не будет карбонильного сердечника, то используй для гетеродинной катушки самодельный секционированный каркас и кусочек ферритового стержня (рис. 341, *в*). Высота гильзы каркаса 18—20 *мм*, длина сердечника 13—15 *мм*. Каркас склей из плотной бумаги с таким расчетом, чтобы сердечник с трением входил внутрь его гильзочки и удерживался в ней. Сначала намотай на каркас

Таблица 2

Сердечник	Катушка L_1						Катушка L_5					
	Средние волны			Длинные волны			Средние волны			Длинные волны		
	Наибольшая емкость конденсатора C_1, *пф*						Наибольшая емкость конденсатора C_8, *пф*					
	150	250	500	150	250	500	150	250	500	150	250	500
Ферритовый стержень 600НН диаметром 8 и длиной 100—120 *мм*	100	75	50	60×50	50×5	40×4	—	—	—	—	—	—
СБ-12а	—	—	—	—	—	—	120	105	75	175	145	110
Ферритовый стержень 600НН диаметром 8 и длиной 13—15 *мм*	—	—	—	—	—	—	80	60	40	230	180	120
Емкость сопрягающего конденсатора C_6, *пф*	—	—	—	—	—	—	130	240	470	75	91	180

«внавал» катушку гетеродина, затем катушку обратной связи. Отвод в гетеродинной катушке сделай от 5—7-го витка, считая от заземленного конца. Число витков катушки обратной связи 15; провод ПЭЛ или ПЭВ 0,1—0,12.

Устройство катушек фильтров промежуточной частоты L_6 и L_8 и катушек связи L_7 и L_9 аналогично устройству гетеродинных катушек. Для них, как и для гетеродинных катушек, можешь использовать карбонильные броневые сердечники или отрезки ферритового стержня. В первом случае катушки L_6 и L_8 должны содержать по 75—80 витков, во втором — по 45—50 витков провода ПЭВ 0,1. Катушки связи L_7 и L_9 наматывай поверх катушек фильтров таким же проводом, но диаметром 0,12—0,15 *мм*. В первом случае катушка L_7 должна иметь 15 витков, L_9 — 30 витков, а во втором случае — соответственно 10 и 20 витков.

Для преобразовательного каскада используй транзистор с коэффициентом усиления $B_{ст}$ 40—60, а для каскада усиления промежуточной частоты — с коэффициентом 20—40. Подстроечные конденсаторы могут быть любыми.

Монтаж и налаживание. Полагаю, что преобразователь, усилитель промежуточной частоты и детектор, добавив к ним один-два каскада усиления низкой частоты, ты сначала соберешь и наладишь на макетной панели. Включив питание, измеряй коллекторные токи транзисторов и, если они значительно отличаются от указанных на схеме, подгони их резисторами R_1 и R_5. Эта предварительная, грубая проверка даст возможность только судить о том, нет ли ошибок, плохих контактов или неисправных деталей в цепях приемника.

Затем подключи к приемнику внешнюю антенну и попытайся настроить его на какую-либо радиостанцию. При этом подстроечные конденсаторы C_2 и C_7 входного и гетеродинного контуров установи в положение средней емкости. Если попытка не удастся, значит не генерирует гетеродин или нет сопряжения контуров преобразователя.

Прежде всего проверь, работает ли гетеродин. Подключи параллельно эмиттерному резистору R_3 вольтметр и замкни накоротко катушку L_5. При исправной работе гетеродина после закорачивания катушки напряжение на эмиттере должно немного уменьшиться. Если изменения напряжения не будет, значит гетеродин не генерирует. В этом случае надо поменять местами выводы катушки обратной связи L_4 или немного увеличить напряжение на базе транзистора, уменьшив сопротивление резистора R_1.

При исправной работе гетеродина тебе удастся настроиться на какую-либо радиостанцию. Если радиоприем будет сопровождаться свистом, искажающим передачу, отодвинь подальше антенную катушку L_3 и катушку связи L_2 от контурной катушки L_1. Теперь, изменяя индуктивность катушек фильтров промежуточной частоты (подстроечными сердечниками или перемещая катушки по сердечникам) сначала катушки L_8, а затем катушки L_6, добейся наибольшей громкости приема сигналов этой станции.

Теперь переходи к самому кропотливому делу — сопряжению входного и гетеродинного контуров. Приемник настрой на радиостанцию, близкую по частоте к концу диапазона твоего супергетеродина (емкость блока конденсаторов C_1 и C_8 наибольшая). Изменяя индуктивность гетеродинной катушки, добивайся наибольшей громкости приема сигналов этой радиостанции. Затем настрой приемник на радиостанцию, работающую на частоте, близкой к началу диапазона (емкость блока конденсаторов наименьшая). Теперь, не трогая катушки, сопрягай контуры подстроечными конденсаторами C_2 и C_7. При этом ты можешь увеличивать емкость первого конденсатора и уменьшать емкость второго или, наоборот, уменьшать емкость первого и увеличивать емкость второго. Задача одна — добиться наибольшей громкости.

На этом налаживание супергетеродина еще не заканчивается. Надо еще раз подстроить контуры в конце и начале диапазона, затем еще раз подстроить фильтры промежуточной частоты и снова вернуться к контурам. И может быть даже не один, а два-три раза, до тех пор, пока никакие подстроечные элементы уже не будут улучшать работу приемника.

Не исключено, что приемник станет самовозбуждаться. Причиной самовозбуждения может быть неудачное размещение контура гетеродина и фильтров промежуточной частоты относительно магнитной антенны и по отношению друг к другу. Ищи лучшее размещение этих элементов приемника. Если не помогает, то попробуй менять местами выводы катушек связи L_7 и L_9, укорачивать или разносить проводники цепей баз и коллекторов транзисторов. А если возникнет генерация из-за связи каскадов через цепи питания, то включи в цепь коллектора транзистора усилителя промежуточной частоты точно такой же развязывающий фильтр, как в цепи коллектора транзистора преобразователя.

Когда устранишь все неполадки и наладишь приемник, начнется завершающий этап — сборка деталей на монтажной плате и монтаж приемника в футляре. Здесь все зависит от твоей смекалки, инициативы и твоих возможностей. Можно, например, настольный приемник прямого усиления 1-V-3 преобразовать в супергетеродин. При этом тебе придется только перемонтировать высокочастотный каскад, чтобы он стал каскадом усиления промежуточной частоты, и добавить преобразователь частоты. Место на монтажной плате для новых деталей там есть. А низкочастотная часть и детекторный каскад приемника останутся без изменений.

Можно ли такой приемник питать от батареи напряжением 9 *в*, например от батареи «Крона ВЦ» или выпрямителя, дающего такое же напряжение постоянного тока. Можно, конечно, и приемник станет работать лучше. Но увеличивая напряжение источника питания, ты должен сохранить те же коллекторные токи транзисторов, в том числе и токи транзисторов усилителя низкой частоты, которые указаны на схемах этих частей приемника.

Если решишь делать новый приемник, то учитывая габариты и особенности деталей, продумай хорошенько его монтажную схему и конструкцию футляра и только тогда принимайся за дело. Опыт у тебя есть, так что сам решай все эти практические вопросы.

Принципиальная схема этого супергетеродина (рис. 342) тебе уже знакома — с нее началась эта беседа. Правая часть ее, начиная с конденсатора C_{12}, является точным повторением аналогичного участка схемы трёхлампового приемника прямого усиления (см. рис. 295). Каскад усиления высокой частоты того приемника заменен преобразователем — получился трехламповый однодиапазонный супергетеродин. В его преобразователе работает триод-гептод 6И1П ($Л_1$), в сеточном детекторе с обратной связью по промежуточной частоте — пентод 6Ж3П ($Л_2$), в выходном каскаде — лучевой тетрод 6П1П ($Л_3$), в выпрямителе — плоскостные диоды Д226, включенные по мостовой схеме.

Смесительную часть преобразователя образуют гептод лампы 6И1П, контур $L_2C_3C_2$, связанный индуктивно с антенной катушкой L_1, и контур L_5C_{10}, включенный в анодную цепь гептода. Гетеродинную часть образуют триод лампы и контур $L_3C_6C_7C_8$, связанный индуктивно с катушкой обратной связи L_4.

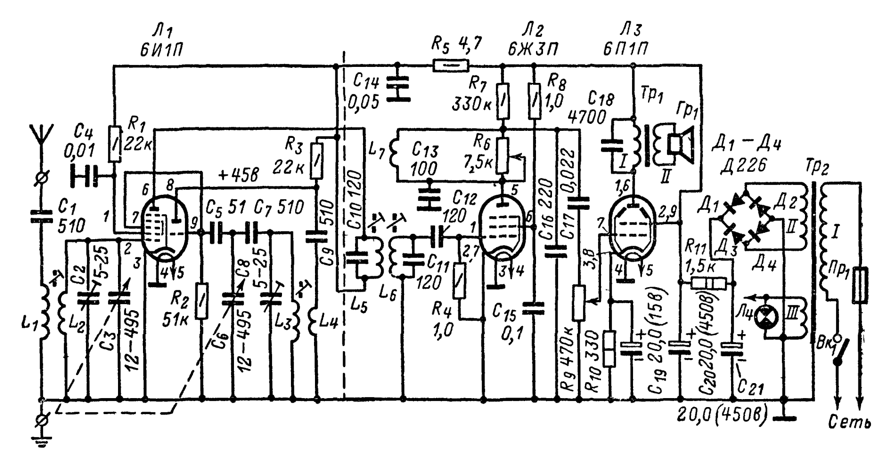


Рис. 342. Принципиальная схема лампового супергетеродина.

Контур L_5C_{10} в анодной цепи гептода настроен на частоту 465 *кгц*. С ним связан индуктивно точно такой же контур L_6C_{11}. Эти два контура образуют фильтр промежуточной частоты.

Через катушку L_1 протекают переменные токи разных частот, возникающие в антенне под действием волн многих радиостанций. В контуре же $L_2C_2C_3$, связанном индуктивно с катушкой L_1, возбуждаются колебания только той частоты, на которую он настроен в резонанс. Эти колебания подаются на первую от катода (управляющую) сетку гептода и воздействуют на его анодный ток. Вторая и четвертая сетки, соединенные вместе, выполняют функции экранирующих сеток гептода. Положительное напряжение на них подается через резистор R_1. Возникновение в этой цепи высокочастотных колебаний предотвращается конденсатором C_4.

Третья сетка гептода — смесительная, а пятая, соединенная с катодом, — защитная.

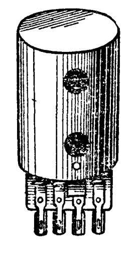
Катушка L_4 обратной связи гетеродина подключена через конденсатор C_9 параллельно анодной цепи триода. Колебательный же контур гетеродина через конденсатор C_5 включен в сеточную цепь триода. При таком включении катушек часть энергии из анодной цепи триода подается обратно в цепь сетки, благодаря чему гетеродин возбуждается — генерирует электрические колебания, частота которых определяется индуктивностью катушки L_3 и емкостью конденсаторов

C_6, C_7 и C_8. Колебания гетеродина с управляющей сетки триода подаются на третью (смесительную) сетку гептода и, так же как колебания во входном контуре $L_2C_3C_2$, воздействуют на его анодный ток. В результате в анодной цепи гептода, в том числе и в контуре L_5C_{10}, создаются модулированные колебания новой частоты — промежуточной, равной разности частот гетеродина и принятого сигнала радиостанции. А поскольку контур L_5C_{10} заранее настроен на промежуточную частоту, он выделяет колебания только этой частоты. Колебания такой же частоты возбуждаются и в контуре L_6C_{11}, включенном в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$, работающей точно так же, как и и в приемнике прямого усиления.

Сопряжение входного и гетеродинного контуров в начале диапазона осуществляется подстроечными конденсаторами C_2 и C_8, а в конце диапазона — подгонкой индуктивностей катушек L_2 и L_3. Конденсатор C_7 в контуре гетеродина — сопрягающий. Конденсатор C_5 и резистор R_2 в сеточной цепи обеспечивают триоду работу в режиме генерации.

В этом супергетеродине нет каскада усиления промежуточной частоты, как в транзисторном супергетеродине. Но в нем, как и в приемнике прямого усиления, детекторная лампа работает как регенератор, что повышает чувствительность приемника.

Чтобы приемник прямого усиления 1-V-1 стал супергетеродином, надо лишь переделать каскад усиления высокой частоты, превратив его в преобразователь частоты супергетеродина.



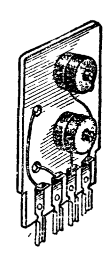


Рис. 343. Фильтр промежуточной частоты.

Детали и монтаж. Прежде всего замени ламповую панель этого каскада на 9-штырьковую и между ней и панельной детекторной лампой укрепи двухконтурный фильтр промежуточной частоты. Резистор R_1 и конденсатор C_4 приемника прямого усиления удали, так как для преобразователя они не нужны. Монтируя преобразователь, резистор R_2, который теперь будет резистором R_1 цепи экранирующей сетки гептода лампы 6И1П, замени на номинал 18—22 *ком*. Входная часть остается без изменения.

Контур $L_3C_9C_8$ и катушка обратной связи L_4 детекторного каскада приемника прямого усиления теперь будут контуром $L_3C_6C_8$ и катушкой обратной связи L_4 гетеродина преобразователя. Надо только уменьшить число витков катушек примерно на 1/5 часть и включить в контур сопрягающий конденсатор C_7. Если контур рассчитан на прием станций средневолнового диапазона, то емкость сопрягающего конденсатора должна быть 510—620 *пф*. Для длинноволнового диапазона емкость этого конденсатора должна быть 180—220 *пф* и, кроме того, параллельно катушке L_3 (или параллельно подстрочному конденсатору C_8) надо подключить конденсатор емкостью 47—51 *пф*, необходимый для согласования контуров в начале диапазона.

Двухконтурный полосовой фильтр промежуточной частоты должен быть рассчитан на частоту 465 *кгц*. Подойдет фильтр от любого лампового радиовещательного супергетеродина, в том числе и устаревшей модели. Внешний вид и конструкция одного из таких фильтров от приемника «Родина-52» показаны на рис. 343. Его контурные катушки помещены в карбонильные чашки броневого сердечника СБ-12а и приклеены к гетинаксовой плате. Здесь же находятся и конденсаторы контуров фильтра. Чтобы использовать такой (или аналогичный ему) фильтр в твоем приемнике, тебе надо только намотать на сердечник катушки того контура, который будешь включать в цепь сетки детекторной лампы, 25—30 витков провода ПЭВ 0,12—0,5; она будет катушкой обратной связи (L_7) детектора супергетеродина.

Во время переделки приемника переменный резистор обратной связи R_6 перенеси на заднюю стенку шасси или укрепи на горизонтальной панели шасси возле фильтра промежуточной частоты. Пользоваться им ты будешь только при налаживании приемника. А на его месте можно будет укрепить переменный

резистор для плавной регулировки тембра звука. Советы по включению такого регулятора уже давались.

Впрочем, в супергетеродине переменный резистор R_6 можно заменить постоянным такого же номинала, а подбор величины обратной связи осуществлять подстроечным конденсатором. В этом случае схема анодной цепи лампы детекторного каскада будет иметь вид, показанный на рис. 344. Это схема параллельной обратной связи. Резистор R_6 в этом случае станет выполнять роль дросселя высокой частоты. Наивыгоднейшая величина обратной связи устанавливается подстроечным конденсатором C с наибольшей емкостью 100—150 *пф*. Укрепи его возле фильтра промежуточной частоты. Если в процессе налаживания приемника выяснится, что емкость этого конденсатора мала, параллельно ему надо будет подключить конденсатор постоянной емкости.

Налаживание. После проверки монтажа включи питание и проверь напряжения на электродах преобразовательной лампы. На аноде гептода должно быть почти полное напряжение выпрямителя, а на аноде триода 40—50 *в*. После этого переходи к настройке контуров фильтра промежуточной частоты и сопряжению контуров преобразователя.

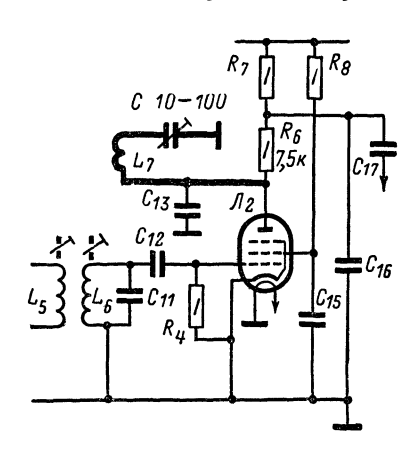


Рис. 344. Видоизмененная схема цепи обратной связи.

Сердечники катушек фильтра промежуточной частоты вначале установи примерно в среднее положение, а цепь обратной связи детектора временно отключи. Присоедини к приемнику антенну и заземление и настрой его на какую-либо радиостанцию. Если приема нет, то поменяй местами выводы катушки L_4 гетеродина. Медленно вращая сердечники катушек фильтра промежуточной частоты, сначала катушки контура сетки детекторной лампы, потом катушки анодного контура гептода преобразователя, добейся наибольшей громкости приема радиостанции. Затем, не изменяя настройки приемника, включи цепь обратной связи. Величину обратной связи надо подобрать такой, чтобы детекторный каскад был близок к порогу генерации, но не возбуждался. Это будет соответствовать наибольшей чувствительности приемника.

Сопряжение гетеродинного и входного контуров супергетеродина мало чем отличается от настройки в резонанс контуров приемника прямого усиления. Границы диапазона принимаемых волн (его начало и конец) устанавливай деталями контура гетеродина, а затем под него подстраивай входной контур. В конце диапазона сопряжение производи изменением индуктивности катушек, а в начале диапазона — подстроечными конденсаторами. После настройки входного и гетеродинного контуров может появиться необходимость более точно настроить контуры фильтра промежуточной частоты.

Окончательно налаженный приемник при наружной антенне и заземлении должен обеспечить громкий прием не только местной, но и нескольких отдаленных радиовещательных станций.

Некоторые изменения и дополнения. Однако чувствительность нашего приемника по сравнению с промышленными супергетеродинами даже самого низкого класса мала. Правда, этот недостаток до некоторой степени компенсируется тем, что в нем применено сеточное детектирование с положительной обратной связью по промежуточной частоте. Но все это снижает общее достоинство супергетеродина.

Наш супергетеродин станет более чувствительным, если добавить один каскад усиления промежуточной частоты При этом сеточное детектирование можно будет заменить диодным, что повысит качество звуковоспроизведения, появится

возможность ввести **автоматическое регулирование усиления** (АРУ) для борьбы с «замираниями» радиоприема. Кроме того, он, как и промышленные супергетеродины, может быть трехдиапазонным.

Ты, конечно, сразу же спросишь: как все это сделать? Отвечаю: смонтировать высокочастотную часть и детектор приемника по схеме на рис. 345.

Рассмотри внимательно эту схему. Что в ней тебе уже знакомо, а что пока еще нет? Знаком преобразователь частоты. Да, он такой же, как преобразователь супергетеродина первого варианта, но трехдиапазонный. Катушки L_1, L_2, L_9 и L_{10} — катушки коротковолнового диапазона (КВ); L_3, L_4, L_{11} и L_{12} — катушки средневолнового диапазона (СВ); L_5, L_6, L_{13} и L_{14} — катушки длинноволнового диапазона (ДВ). Из них: L_1, L_3 и L_5 — катушки антенной цепи; L_2, L_4 и L_6 —

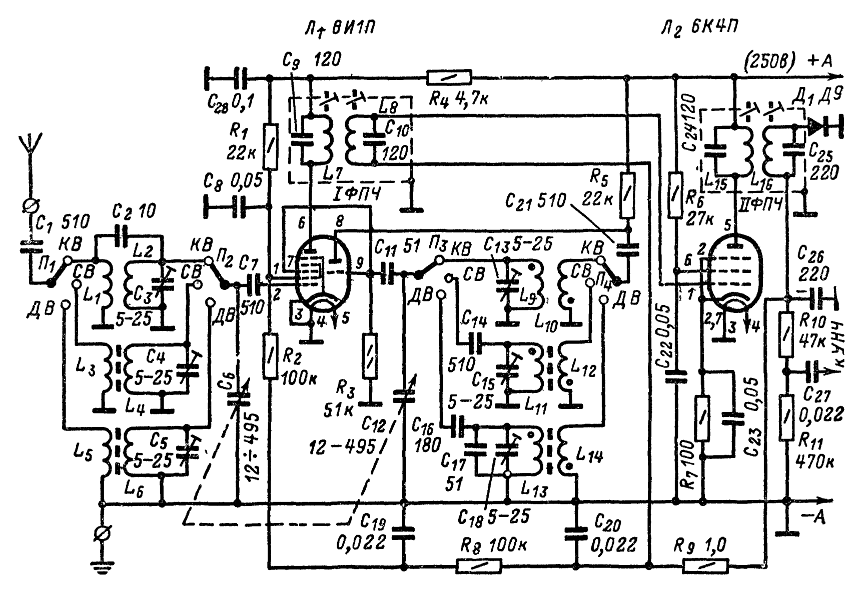


Рис. 345. Схема высокочастотной части трехдиапазонного супергетеродина с АРУ.

катушки входных контуров преобразователя; L_9, L_{11} и L_{13} — катушки контуров гетеродина; L_{10}, L_{12} и L_{14} — катушки обратной связи гетеродина. Переключение диапазонов принимаемых волн осуществляется переключателями $П_1$ — $П_4$, действующими одновременно. Когда включен один из диапазонов, катушки других диапазонов в работе приемника участия не принимают. Конденсатор C_2 усиливает связь между катушками входной цепи коротковолнового диапазона. Но его может и не быть, а связь между катушками будет индуктивная.

Напряжение с контура L_8C_{10} фильтра промежуточной частоты (в первом варианте он был контуром L_6C_{11}) теперь подается не к сеточному детектору, а на управляющую сетку лампы $Л_2$ (6К4П) усилителя промежуточной частоты. Начальное напряжение смещения на управляющей сетке этой лампы создается катодным резистором R_7, зашунтированным конденсатором C_{23}.

Нагрузкой лампы $Л_2$ служит контур $L_{15}C_{24}$, настроенный, как и контуры L_7C_9 и L_8C_{10} преобразовательного каскада, на частоту 465 *кгц*. С ним связан индуктивно точно такой же контур $L_{16}C_{25}$. Колебания промежуточной частоты с этого контура подаются на точечный диод $Д_1$ и детектируются им. Нагрузкой детектора служит резистор R_{11}. Напряжение низкой частоты, создающееся на нем, через

конденсатор C_{27} подается на управляющую сетку лампы $Л_3$ 6Ж3П, которая теперь должна работать как предварительный усилитель низкой частоты. Резистор R_{10} и конденсатор C_{26} образуют ячейку фильтра цепи детектора.

Как же осуществляется автоматическое регулирование усиления? За счет тока в цепи детектора. Во время радиоприема через резисторы R_{10} и R_{11} идет ток низкой частоты. Постоянная составляющая его, т. е. среднее значение этого тока, создает на цепочке этих резисторов некоторое напряжение с отрицательной полярностью на верхнем (по схеме) конце ее. Величина этого напряжения находится в прямой зависимости от силы сигнала принимаемой радиостанции: чем сильнее сигнал радиостанции, тем значительнее это напряжение. Управляющие сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$ соединены с концом цепочки резисторов R_{10} R_{11}, на которой действует минус напряжения относительно противоположного конца ее, соединенного с заземленным проводником. Значит, и на управляющих сетках ламп относительно их катодов действует изменяющееся отрицательное напряжение, смещающее их рабочие точки. При сильных сигналах станций смещение возрастает, а усиление автоматически падает. При слабых же сигналах, наоборот, напряжение смещения уменьшается, а усиление автоматически возрастает.

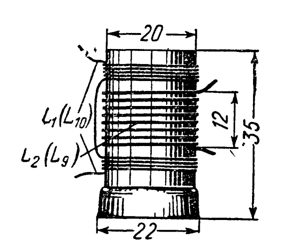


Рис. 346. Катушки КВ диапазона.

Такая система управления усилением за счет тока детектора и называется автоматической регулировкой усиления.

Резисторы R_9, R_8 и R_2, через которые на управляющие сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$ подается напряжение АРУ, в сочетании с конденсаторами C_{19} и C_{20} образуют фильтры, не пропускающие к сеткам ламп низкочастотную составляющую продетектированного сигнала.

Конденсатор C_7, которого не было в преобразователе простейшего супергетеродина, нужен для того, чтобы постоянная составляющая сигнала АРУ не замыкалась на общий минус питания цепей приемника через контурные катушки.

Я должен тебя предупредить: система АРУ не повышает общее усиление, которое дает приемник, а лишь автоматически поддерживает на некотором среднем уровне чувствительность приемника и, следовательно, громкость работы динамика.

Катушки средневолнового и длинноволнового диапазона остаются такие же, как и для простейшего супергетеродина (см. стр. 322). Катушки коротковолнового диапазона намотай на картонных гильзах диаметром 18—20 *мм*, например от патронов охотничьего ружья (рис. 346). Катушка L_2 должна содержать 8 витков провода ПЭВ 0,6—0,8, катушка L_9—7,5 витка того же провода. Их витки укладывай на каркасы с таким расчетом, чтобы общая длина намотки составила 12 *мм*. Витки катушки L_2 и L_{10} укладывай равными порциями по обе стороны от контурных катушек. Первая из них должна содержать 20—25 витков провода ПЭВ или ПЭЛШО 0,12—0,15, а вторая — 6 витков такого же провода.

Полосовой фильтр каскада усиления промежуточной частоты точно такой же, как фильтр преобразовательного каскада.

Дополняя простейший супергетеродин каскадом усиления промежуточной частоты, воспользуйся схемой, показанной на рис. 347. Лампа $Л_2$ этого каскада (6К4П) должна занять место бывшего сеточного детектора. Рядом с ней крепи второй полосовой фильтр промежуточной частоты (IIФПЧ), а возле него смонтируй панель лампы 6Ж3П. Эта лампа будет теперь лампой $Л_3$, а выходная лампа 6П1П лампой $Л_4$ приемника.

Переключатель диапазонов укрепи в подвале шасси с таким расчетом, чтобы проводники цепей управляющих сеток преобразовательной лампы были возможно короткими. При этом ось переключателя займет место оси верньерного механизма, а ось верньера придется перенести на место бывшего регулятора обратной связи.

В связи с тем, что лампа 6Ж3П ($Л_3$) теперь будет работать только как предварительный усилитель низкой частоты, на ее управляющую сетку надо подавать напряжение смещения, детали цепи обратной связи (на рис. 342—L_7, R_6 и C_{12})

исключить, а нагрузочный резистор (на рис. 342—R_7) лампы соединить непосредственно с ее анодом. Короче говоря, схема этого каскада должна принять вид, показанный на рис. 348 (цифры в скобках соответствуют нумерации деталей простейшего супергетеродина). В этом случае имеет смысл добавить и гнезда для звукоснимателя, чтобы низкочастотный тракт приемника можно было использовать для воспроизведения грамзаписи.

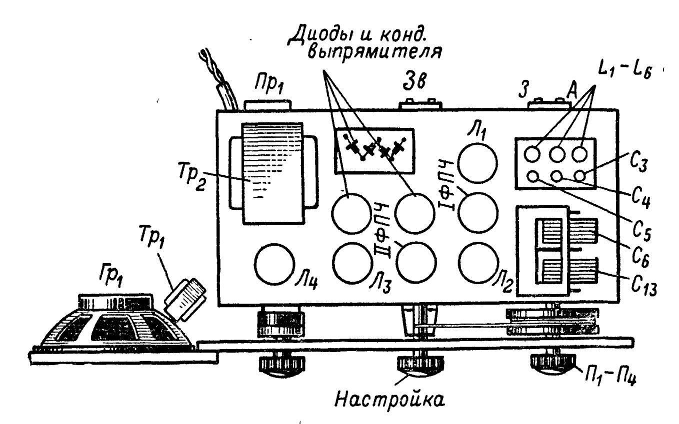


Рис. 347. Схема размещения деталей трехдиапазонного супергетеродина с каскадом усиления ПЧ.

Закончив переделку приемника, испытай сначала его низкочастотную часть, проигрывая грампластинку. Затем, подключив антенну и заземление, настрой приемник на какую-либо радиостанцию в любом диапазоне и подстрой контуры полосовых фильтров промежуточной частоты, а затем займись сопряжением контуров преобразователя. На это время проводник АРУ, идущий от цепей управляющих сеток ламп $Л_1$ и $Л_2$ к резистору R_{10}, временно переключи на заземленную панель шасси. А когда наладишь приемник, то восстанови эту цепь — приемник станет работать с системой АРУ.

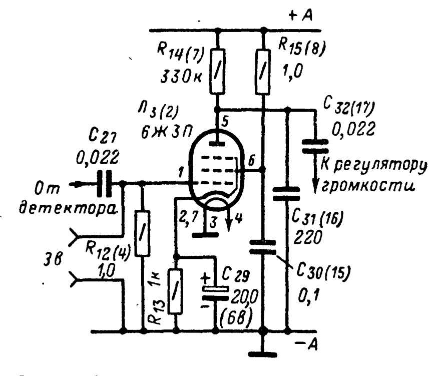


Рис. 348. Схема каскада предварительного усиления НЧ.

Приступая к настройке и сопряжению контуров, антенну можешь подключить непосредственно к незаземленным статорным пластинам конденсатора C_6 настройки входных контуров. Этим ты усилишь связь антенны с преобразователем частоты. Если на каком-то из диапазонов прием сигналов станций не получается, причиной тому может быть неправильное включение выводов катушек гетеродина, из-за чего он не самовозбуждается. В этом случае надо поменять местами включение одной из катушек гетеродина неработающего диапазона. Если же преобразователь или усилитель промежуточной частоты вообще не работают, неполадки ищи с помощью пробников и измерительных приборов.

Установку границ диапазонов и сопряжение входных и гетеродинных контуров делай так же, как это рекомендовалось применительно к простейшему супер-

гетеродину — подгонкой индуктивностей катушки в конце диапазона и подстроечными конденсаторами в начале диапазона. Индуктивность катушек коротковолнового диапазона подгоняй путем сближения витков, если индуктивность надо увеличить, или, наоборот, увеличением расстояний между витками, если индуктивность надо уменьшить. Испытательная палочка (рис. 317) поможет тебе определить, увеличивать или уменьшать надо индуктивность катушек этого диапазона.

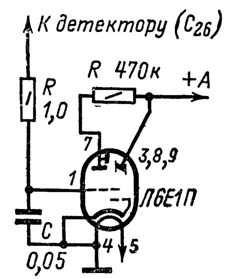


Рис. 349. Схема включения электроннолучевого индикатора настройки.

Когда ты добавишь каскад усиления промежуточной частоты, диодный детектор и введешь АРУ, у тебя откроется возможность дополнить супергетеродин «магическим глазом» — электронносветовым индикатором настройки.

Схема включения электроннолучевого индикатора настройки 6Е1П показана на рис. 349. Высокое положительное напряжение на светящийся экран лампы подается непосредственно с выпрямителя, а на анод — через резистор сопротивлением 470 *ком* — 1,5 *Мом*. Управляющая сетка лампы через резистор сопротивлением 1—1,5 *Мом* соединяется с той точкой детекторной цепи, куда подключаются системы АРУ (на рис. 345 — верхний вывод резистора R_{10}). Между управляющей сеткой и катодом лампы включи конденсатор емкостью 0,033—0,05 *мкф*, сглаживающий пульсации напряжения низкой частоты. При точной настройке приемника на радиостанцию светящийся сектор экрана лампы будет сходиться до узкой полоски.

Лампу вместе с панелькой и смонтированными на ней резисторами и конденсатором укрепи на держателе с таким расчетом, чтобы ее светящийся экран был виден через отверстие в шкале или в передней стенке корпуса приемника. Панельку соедини с цепями приемника изолированными проводниками, причем проводник управляющей сетки обязательно должен быть экранирован, а экран его заземлен.

Преобразователь супергетеродина на гептоде. Можно ли в преобразовательном каскаде нашего приемника вместо лампы 6И1П использовать лампу 6А2П или подобного ей гептода? Можно!

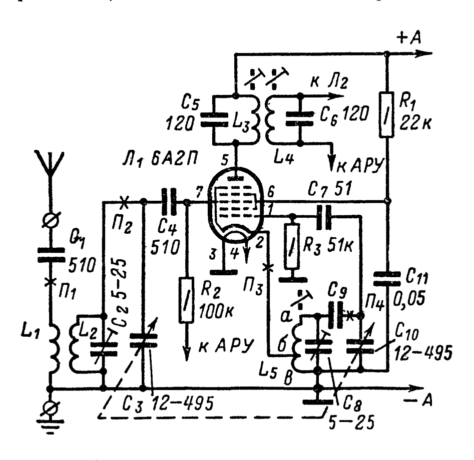


Рис. 350. Схема преобразователя на гептоде.

Принципиальную схему такого преобразователя однодиапазонного супергетеродина ты видишь на рис. 350. Его входная часть ничем не отличается от такой же части уже знакомых тебе приемников. Первая и вторая сетки гептода 6А2П являются соответственно управляющей сеткой и анодом гетеродина, третья — управляющая сетка смесителя, четвертая — экранирующая, а пятая — защитная сетка гептода. Напряжение на анод гептода подается через катушку L_3 контура L_3C_5 фильтра промежуточной частоты, а на экранирующую сетку и анод гетеродина — через резистор R_1.

Гетеродин преобразователя выполнен по трехточечной схеме. Ее так называют потому, что колебательный контур гетеродина, состоящий в данном случае из катушки L_5 и конденсаторов C_8, C_9 и C_{10}, подключен к лампе тремя точками: верхний (по схеме) вывод — с управляющей сеткой гетеродина (через конденсатор

C_7), нижний вывод — с анодом гетеродина (через конденсатор C_5) и общим минусом, а отводом — с катодом лампы. Через нижнюю часть катушки L_5 проходят как переменная, так и постоянная составляющие анодного тока лампы. Переменная составляющая анодного тока гептода проходит через катушку L_5 от точки *б* к точке *в* и, как в автотрансформаторе, индуцирует переменное напряжение во всех ее витках. Эта часть катушки выполняет роль катушки обратной связи, которая входит одновременно в колебательный контур гетеродина. При определенном соотношении витков частей *а* — *б* и *б* — *в* катушки в контуре гетеродина возникают колебания вспомогательной частоты.

Обычно число витков секции *б* — *в* составляет 1/3—1/4 часть общего числа витков катушки гетеродинного контура. Частота колебаний гетеродина определяется индуктивностью катушки и емкостью конденсаторов, входящих в контур; при настройке приемника эта частота плавно изменяется конденсатором переменной емкости C_{10}.

Конденсатор C_9 — сопрягающий. Для средневолнового диапазона его емкость должна быть 510—620 *пф*, а для длинноволнового диапазона 180—220 *пф*.

На разобранной нами схеме (рис. 350) крестиками обозначены места включения контактов переключателя диапазонов, если супергетеродин должен быть двух- или трехдиапазонным. Контакты $П_1$ должны переключать антенные катушки, контакты $П_2$ — входные контуры, $П_3$ и $П_4$ — контуры гетеродина. Намоточные данные катушек антенной цепи и контуров преобразователя частоты такие же, как в преобразователе супергетеродина предыдущего варианта. Только в гетеродинных катушках надо сделать отводы примерно от 1/4 части их витков, считая от заземленных концов.

Полагаю, что составить полную схему супергетеродина с таким преобразователем частоты ты сумеешь и без моей помощи.

* * *

Супергетеродинный приемник, будь то транзисторный или ламповый — безразлично, относится к приемникам повышенной сложности. Однако он будет чувствительным и избирательным только в том случае, когда хорошо сопряжены входной и гетеродинный контуры по всему диапазону и тщательно настроены фильтры промежуточной частоты. А это не всегда удается сделать в домашних условиях, когда нет генератора стандарт-сигналов, чувствительных и точных измерительных приборов. Но эти приборы есть в радиоклубах, радиолабораториях и кружках станций и клубов юных техников, домов и дворцов пионеров. И если ты обратишься туда за помощью, тебе ее окажут.

○

БЕСЕДА ДВАДЦАТАЯ

Электронная автоматика

Однажды на занятии радиокружка я попросил ребят вспомнить и назвать автоматические действующие устройства и приборы, с которыми им приходится иметь дело дома, в быту. Любые: тепловые, механические, электрические, электронные. Поначалу кое-кто даже растерялся: автоматы на заводах — понятно, а дома?

Но это было только временное замешательство. Назвали массу вещей и систем, содержащих элементы автоматики: авторучка, часы, центральное отопление, водопроводный вентиль, электрохолодильник, сливной бачок туалетной комнаты, электросчетчик, электрозвонок, газовый счетчик, барометр, регулятор нагрева электроутюга, плавкий предохранитель электросети и многое другое. А если вспомнить детские игрушки-каталки с заводными и электрическими двигателями, игры-аттракционы? В них тоже есть автоматика. Еще больше автоматики мы увидим в школе, особенно в мастерских и физическом учебном кабинете.

А какие электронные автоматы, полезные для дома, школы, можно сделать своими руками? Вот об этом-то и пойдет разговор в этой беседе.

Но прежде поговорим об электрических датчиках и электромагнитных реле, являющихся важнейшими элементами электронной автоматики. Начнем с *фотоэлементов* — приборов, преобразующих световую энергию в электрическую.

Фотоэлементы

Честь изобретения фотоэлемента принадлежит русскому ученому Александру Григорьевичу Столетову.

Будучи профессором физики Московского университета, А. Г. Столетов в 1888 г. провел такой эксперимент (рис. 351). Неподалеку друг от друга он расположил металлический диск и тонкую металлическую сетку, укрепив их на стеклянных стойках. Диск он соединил с отрицательным, а сетку — с положительным полюсами батареи. Между сеткой и батареей он включил чувствительный электроизмерительный прибор — гальванометр, на подвижной рамке которого вместо стрелки было укреплено зеркальце. Против гальванометра находился фонарик, а под ним — полоска бумаги с делениями — шкала. Пучок света от фонаря был направлен на зеркальце гальванометра, а отраженный от него «зайчик» падал на шкалу. Даже самый незначительный ток, появлявшийся в гальванометре, поворачивал зеркальце, заставляя световой «зайчик» бежать по делениям шкалы.

На некотором расстоянии от диска и сетки А. Г. Столетов установил дуговой фонарь, свет которого, пронизывая сетку, освещал диск. Пока шторка дугового фонаря была закрыта, световой «зайчик» покоился на нуле шкалы. Стоило шторку приоткрыть, как «зайчик» тотчас перемещался по шкале, указывая на наличие тока в, казалось бы, разорванной цепи.

А. Г. Столетов таким образом установил, что свет «рождает» электрический ток. Это явление мы теперь называем *фотоэлектрическим эффектом* (от греческого слова «фото» — свет и латинского слова «эффект» — действие).

Ученый экспериментальным путем доказал, что некоторые материалы под действием света подобно нагретому катоду радиолампы могут испускать электроны.

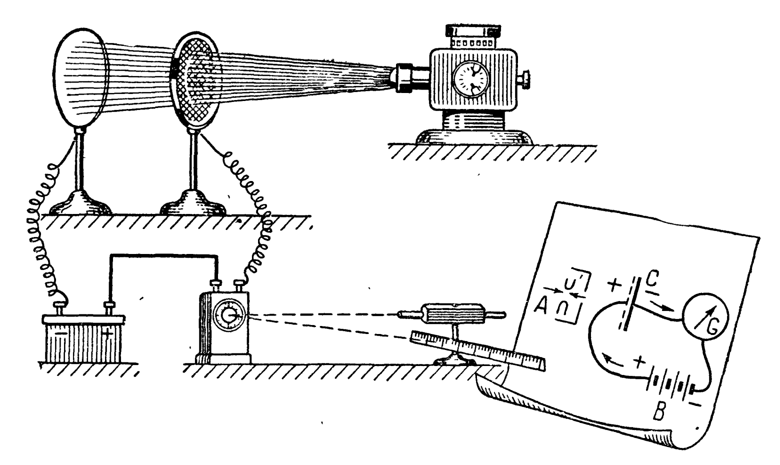


Рис. 351. Схема опыта А. Г. Столетова (справа — рисунок из его сочинения, на котором: *A* — дуговой фонарь; *B* — батарея; *C* — два плоскопараллельных диска; *G* — гальванометр).

В его опытах свет выбивал из металлического диска «рой» электронов, которые притягивались положительно заряженной сеткой, образуя в цепи электрический ток. Этот ток мы сейчас называем ф о т о т о к о м.

В опытной установке А. Г. Столетова использовались два электрода, подобные электродам двухэлектродной лампы: диск — катод и сетка — анод. Когда диск освещался, в цепи возникал электрический ток, потому что в пространстве между электродами появлялся поток электронов, выбитых светом из диска — катода.

Эта опытная установка А. Г. Столетова была первым в мире ф о т о э л е м е н т о м. Величина фототока такого прибора зависела от свойств металла, из которого был сделан катод, напряжения батареи и природы света, освещавшего катод.

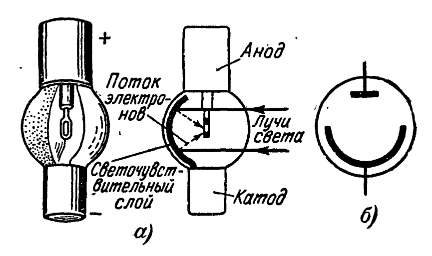


Рис. 352. Фотоэлемент.

а — газонаполненный фотоэлемент типа ЦГ-3; *б* — изображение фотоэлемента на схемах.

Катоды современных фотоэлементов делают из полупроводников. При этом образование свободных электронов, способных вылетать из катодов, идет во много раз интенсивнее, чем при использовании катодов из металлов.

Внешний вид и устройство одного из таких фотоэлементов — фотоэлемента типа ЦГ-3 — показаны на рис. 352. Это небольшая шарообразная стеклянная колба с двумя металлическими цилиндриками — выводами электродов. На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра (так называемая подкладка), а поверх него — слой цезия (буква Ц в наименовании типа фотоэлемента). Это — катод. Он соединен с выводом меньшего диаметра и обозначается знаком минус. В центре колбочки на стерженьке укреплено металлическое кольцо. Это — анод. Он соединен с выводом большего диаметра, который обозначается знаком плюс.

Колбочка фотоэлемента наполнена газом гелием (буква Г в его наименовании). Благодаря наличию этого газа можно получить бóльший фототок. Объясняется

это тем, что электроны, летящие от катода к аноду, сталкиваются по пути с атомами газа и выбивают из них новые электроны, которые также летят к аноду. Остатки атомов — положительные ионы — летят к катоду. В результате общее число электронов, летящих к аноду, получается бо́льшим, чем в вакууме.

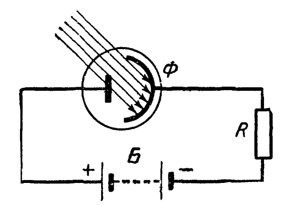


Рис. 353. Схема включения фотоэлемента в электрическую цепь.

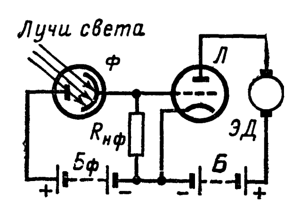


Рис. 354. Схема, поясняющая принцип усиления фототока.

Одна из возможных схем включения такого фотоэлектрического датчика в элекгрическую цепь показана на рис. 353. Здесь *Ф* — фотоэлемент; *R* — его нагрузочный резистор; *Б* — источник высокого постоянного напряжения, которым может быть батарея или выпрямитель переменного тока.

Величина тока в цепи с фотоэлементом ЦГ-3 при сильной освещенности катода и напряжении на аноде 250 *в* не превышает 200 *мка*. Но он почти в 200 раз больше тока при полном затемнении фотоэлемента. Это значит, что при перекрывании пучка света, направленного на фотоэлемент, величина фототока может изменяться скачками примерно от 1 до 200 *мка*. Но ведь этот изменяющийся по величине фототок можно усилить, например, с помощью электронной лампы (рис. 354) или транзистора. Тогда этот ток сможет управлять другим электрическим прибором, например маломощным электродвигателем, включая его освещением фотоэлемента и выключая затемнением фотоэлемента. Получится ф о т о р е л е.

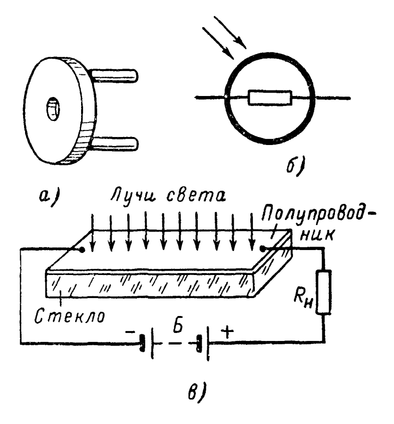


Рис. 355. Внешний вид (*а*), схематическое обозначение (*б*), устройство и включение (*в*) фоторезистора.

Фотоэлемент, о котором я сейчас рассказал, а также подобные им приборы относятся к группе фотоэлементов с в н е ш н и м ф о т о э ф ф е к т о м. Называют их так потому, что у них электроны под действием света вылетают из катодов в окружающее их пространство.

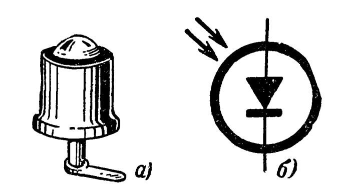
Другая группа фотоэлементов — приборы с в н у т р е н н и м ф о т о э ф ф е к т о м. Это ф о т о р е з и с т о р ы, ф о т о т р а н з и с т о р ы, ф о т о д и о д ы.

Фоторезистор (рис. 355), именовавшийся прежде фотосопротивлением, представляет собой тонкий слой полупроводника, нанесенный на стеклянную или кварцевую пластинку, запрессованную в круглый, овальный или прямоугольный пластмассовый корпус небольших размеров. Полупроводниковый слой с двух сторон имеет контакты для включения его в электрическую цепь.

Электропроводность слоя полупроводника изменяется в зависимости от его освещенности: чем сильнее он освещен, тем меньше его сопротивление и, следо-

вательно, больше ток, который через него проходит. Таким образом, этот прибор под действием света, падающего на него, также может быть использован для автоматического включения и выключения различных механизмов.

Фототранзисторы — фотоэлементы, основой которых служат транзисторы. Любой транзистор может быть превращен в фототранзистор. Дело в том, что у транзистора ток коллектора сильно зависит от освещенности коллекторного перехода. Чтобы в этом убедиться, надо осторожно спилить верхнюю часть корпуса и, подключив к транзистору источник постоянного тока, осветить его (рис. 356). Если в коллекторную цепь включить миллиамперметр, он при сильном освещении кристалла транзистора покажет возрастающий до нескольких миллиампер коллекторный ток. Это свойство транзисторов, аналогичное свойствам фотоэлементов с внутренним фотоэффектом, широко используется радиолюбителями-экспериментаторами в самодельных приборах-автоматах.



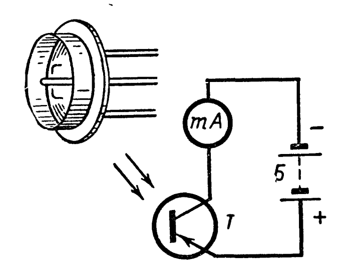


Рис. 356. Фототранзистор и схема включения его.

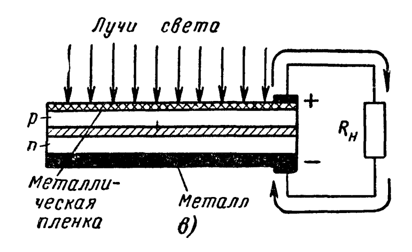


Рис. 357. Внешний вид (*а*), обозначение на схемах (*б*), устройство и схема включения (*в*) фотодиода.

Чем мощнее такие фотоэлементы и сильнее источники света, тем значительнее изменения коллекторных токов, тем эффективнее работа приборов. У транзистора типа П201, например, при освещении его кристалла электролампой мощностью 75—100 *вт* коллекторный ток возрастает до 1 *а* и больше. Такой ток достаточен для питания, например, электромоторчика «Пионер», начинающего автоматически работать при освещении фототранзистора.

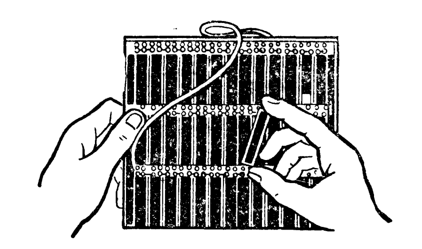


Рис. 358. Фотобатарея.

Фототранзистор будет использован в одном из фотореле. Фотодиод, именуемый также ф о т о э л е м е н т о м с з а п и р а ю щ и м с л о е м, напоминает плоскостной полупроводниковый диод (рис. 357). На пластинку кремния с электронной проводимостью наплавлен тонкий слой бора. Проникая в кремний, атомы бора создают зону, обладающую дырочной электропроводимостью. Между ними получается электронно-дырочный переход. Снизу на слой *n*-типа нанесен сравнительно толстый контактный слой металла. Поверхность слоя *p*-типа покрыта тончайшей, почти прозрачной пленкой металла, являющейся контактом этого слоя.

Пока фотоэлемент не подвергается световому облучению, запирающий слой препятствует взаимному обмену электронов и дырок между слоями *p* и *n*-типов. При облучении свет проникает сквозь прозрачную пленку в слой *p* и выбивает из него электроны. Освобожденные электроны переходят в слой *n* и там нейтрализуют дырки. В результате верхний электрод заряжается положительно, а нижний — отрицательно. Если к этим электродам присоединить нагрузку, то через нее потечет постоянный ток. Следовательно, фотодиод является прибором, в котором световая энергия превращается непосредственно в электрическую.

Ты, вероятно, видел, а может быть, и сам имеешь фотоэкспонометр — прибор для определения выдержки при фотосъемке. Важнейшей частью этого прибора является кремниевый фотодиод. К нему подключен чувствительный гальванометр, по отклонению стрелки которого и определяют освещенность снимаемого предмета.

Фотодиод, имеющий площадь поверхности светочувствительного слоя 1 *см*², при прямом солнечном освещении может дать ток порядка 20—25 *ма* при напряжении около 0,5 *в*. Но ведь фотодиоды, как и гальванические элементы, можно соединять в батареи, чтобы получать бóльшие напряжения и токи. Внешний вид такой батареи показан на рис. 358. Примерно так устроены и солнечные батареи, устанавливаемые на космических кораблях для питания аппаратуры.

Перспективы применения фотодиодов очень и очень заманчивы. И не только в автоматике. В жарких южных районах, например, где обилие солнечного света, от фотобатарей с большими площадями можно получать огромные количества электроэнергии. Из них можно даже делать кровли домов. Днем под действием света они будут заряжать аккумуляторные батареи, а по вечерам накопленная электроэнергия будет использоваться для освещения.

Электромагнитные реле

Электромагнитное реле — это электромеханический прибор, управляющий каким-либо другим электрическим прибором или механизмом.

Схематичное устройство и принцип работы электромагнитного реле иллюстрирует рис. 359. Этот прибор представляет собой стержень из «мягкого» железа — сердечник, на который насажена катушка, содержащая большое число витков изолированного провода. На Г-образном корпусе, именуемом ярмом реле, удерживается якорь — пластинка тоже «мягкого» железа, согнутая под тупым углом. На корпусе же укреплены пружины с контактами, замыкающие и размыкающие питание исполнительной цепи, например цепи питания сигнальной лампочки накаливания.

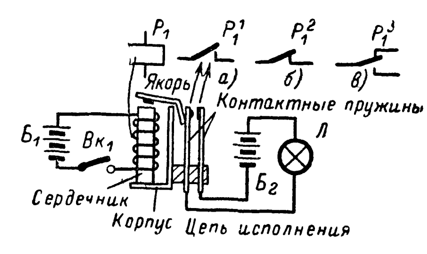


Рис. 359. Устройство, включение и схематическое обозначение электромагнитного реле.

Пока ток через обмотку реле не идет, якорь под действием контактных пружин находится на некотором расстоянии от сердечника реле. Как только в обмотке реле появляется ток, его магнитное поле намагничивает сердечник и он притягивает якорь. В этот момент другой конец якоря надавливает на контактные пружины и замыкает исполнительную цепь. Прекращается ток в обмотке — исчезает магнитное поле, размагничивается сердечник, и контактные пружины, выпрямляясь и разрывая цепь исполнения, возвращают якорь реле в исходное положение.

В зависимости от конструктивных особенностей контактных пружин различают реле с нормально разомкнутыми, нормально замкнутыми и перекидными контактами. Нормально разомкнутые

контакты при отсутствии тока в обмотке реле разомкнуты (рис. 359, *а*), а при токе в обмотке они замыкаются. Нормально замкнутые контакты, наоборот, при отсутствии тока в обмотке замкнуты (рис. 359, *б*), а при срабатывании реле они размыкаются. У перекидных контактов (рис. 359, *в*) средняя пружина, связанная с якорем и при отсутствии тока замкнутая с одной из крайних контактных пружин, при срабатывании реле перекидывается на другую крайнюю пружину и замыкается с нею.

Большинство реле имеет не одну, а несколько групп контактных пружин, позволяющих с помощью импульсов тока, создающих в обмотке реле, управлять на расстоянии несколькими цепями исполнения одновременно, что часто и используется в автоматике.

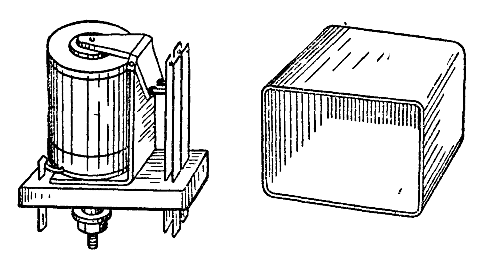


Рис. 360. Электромагнитное реле типа РСМ.

На принципиальных схемах обмотки электромагнитные реле обозначают прямоугольниками и буквой *Р* с цифрой порядкового номера реле в схеме. Контакты этого реле обозначают той же буквой, но с двумя цифрами, например так, как обозначены группы контактов реле на рис. 359. Подстрочная цифра указывает порядковый номер их реле, а надстрочная цифра — номер контактной группы этого реле.

В зависимости от назначения электромагнитные реле имеют разные конструкции корпусов и якорей, пружинных контактов, различные данные обмоток. Но принцип работы всех реле одинаков: при некотором значении тока, протекающего через обмотку, реле срабатывает и его якорь, притягиваясь к намагниченному сердечнику, замыкает или размыкает контакты исполнительной цепи. Для автоматически действующих устройств, о которых речь пойдет в этой беседе, а также для аппаратуры телеуправления, которой будет посвящена специальная беседа, желательно использовать малогабаритные реле типа РЭС или РСМ (рис. 360). Можно, разумеется, применить и другие реле, например типов РПН, РКН, реле от устаревших конструкций телефонных станций, но они имеют несколько большие размеры, чем реле типа РЭС или РСМ.

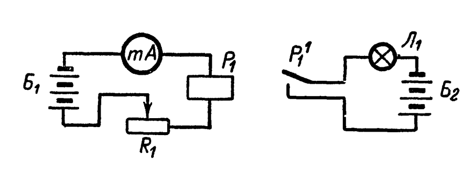
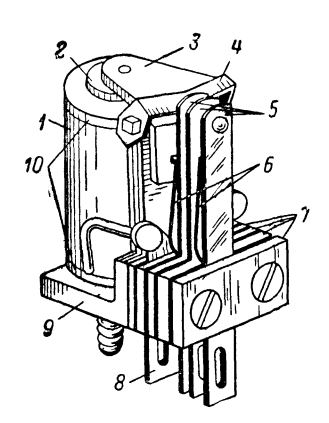


Рис. 361. Схема проверки электромагнитного реле.

Основной характеристикой электромагнитного реле является его ч у в с т в и т е л ь н о с т ь — мощность тока, потребляемая обмоткой, при которой реле срабатывает. Чем меньше эта электрическая мощность, необходимая для срабатывания реле, тем оно чувствительнее.

Обычно качество реле оценивают тем минимальным значением величины тока, при котором оно срабатывает. Если сравнить два реле, одно из которых срабатывает при токе, например, 20 *ма*, а второе при токе 10 *ма*, то второе реле считается более чувствительным, чем первое. Как правило, катушка более чувствительного реле содержит большее число витков.

Для наших целей нужны будут реле, надежно срабатывающие при токе 6—10 *ма* и напряжении батареи 4,5—9 *в*, что соответствует мощности 27—90 *мвт*. Сопротивление обмоток таких реле должно быть в пределах 200—700 *ом*. Этим требованиям могут отвечать, например, реле типов РЭС-10 с паспортом РС4.524.302, РС4.524.303. Сопротивление обмотки первого из этих реле 630 *ом*, второго — 120 *ом*.



На рис. 361 показана схема, которой ты можешь воспользоваться для проверки чувствительности реле. Источником питания служат: $Б_1$ — батарея КБС-Л-0,50 или «Крона ВЦ», $Б_2$ — КБС-Л-0,50; переменный резистор R_1 сопротивлением 1—1,5 *ком*, миллиамперметр *mA* на ток 20—30 *ма*, сигнальная лампочка $Л_1$ (индикатор) на напряжении 3,5 *в*. Изменяя сопротивление цепи резистором R_1 и следя за показаниями миллиамперметра, легко определить токи, соответствующие моментам срабатывания и отпускания реле. Эти сведения облегчат и ускорят работу по налаживанию приборов-автоматов.

У большинства реле якорь возвращается в исходное положение силой давления на него контактных пружин. Если пружины немного отогнуть, чтобы они слабее давили на якорь, то чувствительность реле несколько улучшится. Таким способом можно подгонять токи срабатывания и отпускания реле.

Рис. 362. Самодельное электромагнитное реле.

1 — обмотка электромагнита; *2* — сердечник электромагнита; *3* — якорь; *4* — скоба; *5* — контактные пружины; *6* — стопорные пружины; *7* — изоляционные прокладки; *8* — выводные пластинки обмотки электромагнита; *9* — ярмо; *10* — щечки обмотки.

Электромагнитные реле могут быть и самодельными. Внешний вид и чертежи деталей одного из таких реле показаны на рис. 362. Его конструкция и размеры напоминают реле типа РСМ. Разница между ними заключается в основном лишь в креплении пружинных контактов: у реле РСМ они запрессованы в пластмассовое

основание, а здесь они зажаты между изоляционными прокладками и крепятся винтами к корпусу реле — ярму.

Как и промышленного изготовления, самодельное реле состоит из следующих основных деталей: обмотки электромагнита *1* с сердечником *2*, якоря *3* со скобой *4*, контактных пружин *5* со стопорными пластинами *6*, выводных пластинок *8*, ярма *9*.

Изготовление реле начинай с ярма, используя для него хорошо отожженную листовую сталь толщиной 1,2—1,5 *мм*. Сердечник электромагнита можно выточить из керна подходящего телефонного реле или мягкой, хорошо отожженной стали. Щечки обмотки электромагнита вырежь из любого изоляционного материала, включая хорошо проклеенный картон толщиной 0,5—0,8 *мм*. Насади щечки на сердечник, после чего поверхность сердечника и щечек покрой клеем БФ-2. После высыхания клей станет изолятором и одновременно скрепит щечки. Для обмотки электромагнита используй провод ПЭВ 0,1. Намотку нужно стараться производить виток к витку до заполнения катушки. Чем большее число витков поместится на сердечнике, тем более четко будет работать реле. Сопротивление аккуратно намотанной катушки электромагнита должно быть около 200—220 *ом*.

Якорь реле также делай из мягкой листовой стали толщиной 1,2—1,5 *мм*. Чтобы предотвратить залипание якоря из-за остаточного магнетизма сердечника, в верхней части якоря его согласно чертежу просверли отверстие диаметром 1 *мм* и вклепай в него медный шрифт. Высота шрифта со стороны сердечника должна быть 0,1—0,2 *мм*. К нижней части якоря клеем БФ-2 приклей толкатель, сделанный из органического стекла.

Сборку реле производи строго по чертежу. Чем плотнее сердечник будет прилегать к ярму, тем меньше будут потери в магнитопроводе и тем чувствительнее будет реле. Ход якоря в собранном реле должен быть в пределах 0,5—0,75 *мм*, в то время как ход средней контактной пружины в месте контакта должен быть равен около 1 *мм*. Выводами обмотки реле служат латунные или жестяные пластинки. Собранное реле должно надежно срабатывать от батареи с напряжением 4,0—4,5 *в* (одна батарея КБС-0-0,50).

Реле крепи на монтажной плате с помощью гайки, навертывающейся на «хвостовик» сердечника.

Электронное реле

Чувствительность электромагнитных реле, о которых я здесь рассказал, мала, чтобы реагировать на изменения тока в цепи фотоэлемента, фоторезистора или иного датчика электрических сигналов. Только так называемые **поляризованные реле**, обладающие очень высокой чувствительностью, могут срабатывать при малых мощностях электрических сигналов.

Повышение чувствительности электромагнитных реле достигается с помощью транзисторных или ламповых усилителей электрических сигналов. Такие усилители в сочетании с электромагнитными реле называют **электронными реле**.

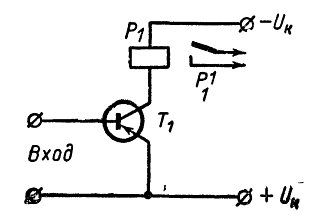


Рис. 363. Схема простейшего электронного реле.

Простейшее электронное реле (рис. 363) представляет собой обычный однокаскадный (или двухкаскадный) усилитель тока, работающий в режиме переключения, на выход которого включено электромагнитное реле. В зависимости от полярности электрического сигнала, поданного на вход усилителя, транзистор закрывается (при положительном напряжении на базе) либо, наоборот, открывается (при отрицательном напряжении на базе). Когда транзистор закрыт, его сопротивление велико и ток коллектора (ток закрытого транзистора $I_{к.з}$) не превышает 20—25 *мка*, чего слишком мало для срабатывания реле. В это время контакты P_1^1 реле P_1 разомкнуты и исполнительная цепь не

включена. Когда же транзистор открывается, его выходное сопротивление резко уменьшается и ток коллектора возрастает до значения, необходимого для срабатывания реле — включается исполнительная цепь.

В коллекторную цепь транзистора вместо электромагнитного реле можно включить иной электрический прибор, например лампочку накаливания. Получится бесконтактное электронное реле — лампочка станет загораться всякий раз, когда открывается транзистор. Вполне понятно, что мощность тока, потребляемая транзистором, не должна превышать допустимой для него мощности рассеяния транзистора.

Электронное реле — обязательный элемент большинства чувствительных электронных автоматов, включающих и выключающих те или иные исполнительные механизмы. Электронное реле лежит в основе многих приборов.

Фотореле

Ток фотоэлемента, изменяющийся под действием света в его цепи, обычно мал. Но если этот ток усилить электронными лампами или транзисторами, а на выход усилителя включить электромагнитное реле, то получится фотореле — устройство, позволяющее при изменении силы света, падающего на фотоэлемент, управлять различными другими приборами или механизмами.

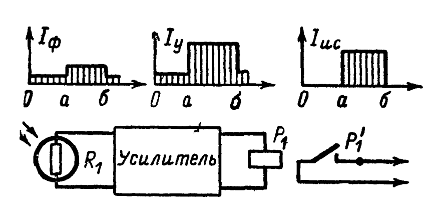


Рис. 364. Блок-схема фотореле.

Блок-схема такого автоматаи графики токов, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 364. Допустим, что фоторезистор R_1, а на его месте может быть любой другой фотоэлемент, затемнен, например закрыт рукой. В это время (на графиках — участки *Оа*) ток цепи фотоэлемента $I_ф$ и ток усилителя $I_у$ малы, а ток в исполнительной цепи $I_{ис}$ вообще отсутствует, так как контакты P_1^1 реле P_1 разомкнуты. Если теперь открыть фотоэлемент или направить на него пучок света, токи фотоэлемента и усилителя резко увеличатся (на графиках — участки *аб*), мгновенно сработает электромагнитное реле и включит механизм цепи исполнения. Стоит опять затемнить фотоэлемент, и тут же разомкнется (или переключится) цепь исполнения.

Главное в работе фотореле — п е р е п а д т о к а, заставляющий срабатывать электромагнитное реле. При этом в зависимости от выбранной схемы усилителя электромагнитное реле может срабатывать не при освещенном, а, наоборот, при затемненном фотоэлементе. Итог же один — свет, падающий на фотоэлемент, управляет цепью исполнительного механизма, которым могут быть электродвигатель, система освещения, приборы и многое другое.

Предлагаю для экспериментов и конструирования несколько вариантов фотореле с разными фотоэлектрическими датчиками.

Схема первого варианта фотореле приведена на рис. 365. В нем в качестве фотоэлемента используется маломощный низкочастотный транзистор типов МП39 — МП42. Верхнюю часть корпуса транзистора осторожно спили лобзиком, а затем поверхность кристалла очисти от попавших на нее металлических опилок. Во избежание попадания пыли и влаги на кристалл самодельного фототранзистора необходимо покрыть спиленную часть его корпуса тонкой полиэтиленовой или лавсановой пленкой. Получается фототранзистор.

Фотореле работает следующим образом. При освещении кристалла обратное сопротивление коллекторного перехода транзистора уменьшается, что ведет к резкому возрастанию тока коллектора. Этот ток усиливается транзистором T_2,

и реле P_1, являющееся нагрузкой этого транзистора, срабатывает — включается цепь управления.

Вся регулировка фотореле сводится к установке режимов работы транзисторов. Надо подобрать такое сопротивление резистора R_1, чтобы при затемненном фототранзисторе через обмотку реле протекал ток 5—8 *ма*. Резистор R_2 в этом автомате выполняет роль ограничителя тока базовой цепи транзистора. Электромагнитное реле P_1 может быть типа РСМ, РЭС с сопротивлением обмотки 200—700 *ом* или самодельное.

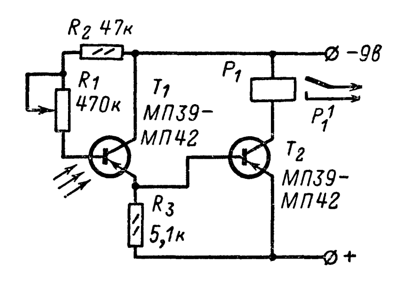


Рис. 365. Схема фотореле с фототранзистором.

Фотореле будет работать значительно лучше, если световой поток будет попадать на фототранзистор через небольшую линзу, в фокусе которой находится кристалл.

Схема второго варианта фотореле показана на рис. 366. Это фотореле отличается от первого варианта в основном лишь тем, что в нем датчиком служит фоторезистор.

Фоторезистор R_1 включен в цепь базы транзистора T_1 последовательно с резистором R_2, ограничивающим ток в этой цепи. Темновое сопротивление фоторезистора велико. Коллекторный ток транзистора в это время мал. При освещении фоторезистора сопротивление его уменьшается, что приводит к резкому увеличению тока базовой цепи. Возросший и усиленный двумя транзисторами фототок течет через обмотку электромагнитного реле P_1 и заставляет его срабатывать — контакты P_1^1 включают цепь управления.

Для этого фотореле можно использовать фоторезисторы типов ФС-К1, ФС-К2. Электромагнитное реле должно быть рассчитано на ток срабатывания 5—8 *ма* (сопротивление обмотки 200—400 *ом*).

Рис. 366. Схема фотореле с фототранзистором.

Схему третьего варианта фотореле — на электронной лампе с питанием от электроосветительной сети ты видишь на рис. 367. Здесь датчиком служит фотоэлемент типа ЦГ-3 ($Л_1$), а лучевой тетрод 6П1П ($Л_2$) или 6П6С, включенный триодом, работает как усилитель фототока и выпрямитель для питания автомата. В анодную цепь лампы входят сетевая обмотка *I* трансформатора питания $Тр_1$ и обмотка электромагнитного реле P_1. При положительных полупериодах на верхнем (по схеме) конце обмотки *I*, а значит, и на аноде лампы в этой цепи возникают импульсы выпрямленного тока, которые заряжают конденсатор C_1, подключенный параллельно обмотке реле. При отрицательных полупериодах на аноде лампы конденсатор разряжается через обмотку реле, поддерживая выпрямленный лампой ток. Следовательно, ток через обмотку реле не прекращается.

В цепь фотоэлемента ($Л_1$) входят обмотка *III* трансформатора питания и резистор R_1. Когда фотоэлемент освещен, то при положительных полупериодах на его аноде в его цепи появляется фототок, величина которого зависит от чувствительности фотоэлемента и его освещенности. Этот ток создает на резисторе R_1 сравнительно большое напряжение, которое с отрицательным знаком поступает на сетку лампы 6П1П и закрывает ее — анодный ток прекращается. В это время якорь реле P_1 не притягивается к сердечнику. Когда же фотоэлемент не освещен и в его цепи тока нет, нет напряжения и на резисторе R_1. В этом случае отрицательного

напряжения на сетке нет, лампа открывается, ее анодный ток резко возрастает и контакты реле замыкают исполнительную цепь.

Очень важно, чтобы обмотка *III* трансформатора была включена так, чтобы в те моменты, когда на аноде лампы положительные полупериоды переменного напряжения, на аноде фотоэлемента также были положительные полупериоды. В противном случае фотореле не будет работать. Правильное включение обмотки легко подобрать путем переключения ее выводов во время регулирования фотореле.

Рис. 367. Схема фотореле на электронной лампе.

Для питания фотореле подойдет любой трансформатор питания, повышающая обмотка которого (на рис. 367 обмотка *III*) дает напряжение 250—275 *в* и используется для питания фотоэлемента. Обмотку накала ламп этого трансформатора можно использовать для питания лампы осветителя фотореле, а также для питания исполнительной цепи; если в ней должна загораться лампочка, включается электродвигатель или какой-либо другой прибор, рассчитанный на небольшое переменное напряжение.

Сопротивление резистора R_1 может быть в пределах 5—20 *Мом*. Фотоэлемент, как я уже говорил, типа ЦГ-3. Электромагнитное реле может быть любого типа, срабатывающее при токе 10—30 *ма*.

Фотореле налаживай так. Замкни накоротко выводы фотоэлемента и включи питание. После прогрева лампы якорь реле не должен притягиваться, что указывает на правильное включение обмотки *III* трансформатора. Если же якорь не притянется, то поменяй местами концы этой обмотки. Затем удали проволочку, замыкающую выводы фотоэлемента. Если фотоэлемент не освещен, реле должно сработать.

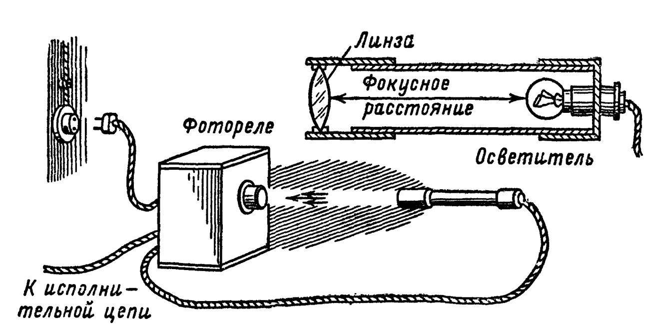


Рис. 368. Примерные конструкции фотореле и осветителя.

Четкости срабатывания реле при перекрытии света (посторонний свет не должен попадать на фотоэлемент) добивайся подбором сопротивления резистора R_1. Всякий раз при любом пересечении света реле должно срабатывать, замыкая (или размыкая) контакты P_1^1 исполнительной цепи.

Четкость срабатывания любого из фотореле, о которых я здесь тебе рассказал, в значительной степени зависит от луча света, направленного на фотоэлемент, фоторезистор или фототранзистор. Наиболее эффективно фотореле будет работать,

если осветитель дает узкий и яркий пучок света в направлении точно на фотоэлектронный датчик.

Осветитель можно сделать в виде металлической или картонной трубки длиной 120—220 и диаметром 28—30 *мм*. Внутри трубки на одном конце укрепи 6- или 12-вольтовую автомобильную лампочку, а на другом — собирательную линзу, например очковое стекло, с фокусным расстоянием 110—120 *мм* (рис. 368). Взаимное положение линзы и лампочки в осветителе подбери опытным путем так, чтобы свет выходил из осветителя узким пучком.

Как можно использовать эти фотореле? По-разному. Можно, например, фотореле установить у входа в школу, чтобы оно включало светящуюся надпись: «Добро пожаловать». Или смонтировать перед стенной газетой, чтобы автоматически включалось освещение, когда к ней подходят ребята. Датчик фотореле можно разместить на улице, защитив его от прямого попадания искусственного света. Тогда реле будет срабатывать с наступлением ночного времени суток и автоматически включать питание ламп уличного освещения, а утром выключать их. В этом случае включение ламп освещения должно осуществляться контактами более мощного электромагнитного реле, рассчитанного на напряжение электросети, например, типа МКУ-48, а включение питания обмотки этого реле — контактами реле автомата.

Фотореле, кроме того, с большим успехом можно демонстрировать на вечерах, посвященных технике. Оно является полезным учебно-наглядным пособием для физического кабинета школы.

Реле выдержки времени

Эти приборы служат для автоматического отсчета времени. Если, например, ты увлекаешься еще и фотолюбительством, то можешь сделать прибор, который бы автоматически включал лампу фотоувеличителя на время выдержки для печати. Такая автоматизация включения и выключения того или иного устройства может осуществляться с помощью электронного реле выдержки времени.

Чтобы лучше разобраться в работе реле времени, проведи опыт по схеме на рис. 369. При ненажатой кнопке *Кн* вольтметр *V* покажет отсутствие напряжения на обкладках конденсатора C_1. Теперь нажми на несколько секунд кнопку *Кн* и внимательно наблюдай за поведением стрелки вольтметра. Стрелка начнет отклоняться от нуля и остановится против деления шкалы, примерно соответствующего напряжению батареи. Происходит это вследствие заряда конденсатора.

Рис. 369. Схема, иллюстрирующая принцип работы реле выдержки времени.

Чтобы изменить время отклонения стрелки прибора, т. е. время заряда конденсатора, достаточно изменить емкость конденсатора или сопротивление резистора R_1. Увеличишь, скажем, емкость конденсатора вдвое, стрелка будет в 2 раза медленнее отклоняться. Тот же эффект ты получишь, вдвое увеличив сопротивление резистора.

Что произойдет, если к обкладкам заряженного конденсатора подключить электронное реле на транзисторе с большим входным сопротивлением? Конденсатор станет разряжаться через эмиттерный переход и эмиттерный резистор R_2 транзистора электронного реле. При этом транзистор откроется, электромагнитное реле P_1 сработает и контактами P_1^1 включит исполнительную цепь. Как только конденсатор разрядится, транзистор закроется, электромагнитное реле отпустит якорь и тем самым разорвет исполнительную цепь. Время разряда конденсатора,

а значит, и время выдержки открытого состояния транзистора определяется емкостью конденсатора и сопротивлением цепи, через которую он разряжается.

Таков принцип работы электронного реле выдержки времени.

Практическая схема электронного реле выдержки времени для фотопечати изображена на рис. 370. Оба транзистора автомата работают в режиме переключения, обеспечивая надежное срабатывание реле P_1 при подаче на вход первого транзистора напряжения около 2 *в* Время срабатывания реле определяется временем разряда конденсатора C_1 через резисторы R_2 и R_3 Изменяя сопротивление переменного резистора R_3, можно устанавливать время выдержки от 0,1 до 5 *сек*.

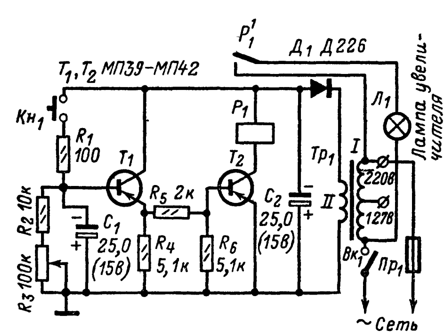


Рис. 370. Принципиальная схема реле выдержки времени.

Работает реле времени следующим образом. В исходном состоянии, когда контакты кнопки $Кн_1$ разомкнуты, напряжение на конденсаторе C_1 равно нулю. В это время оба транзистора закрыты, ток через обмотку электромагнитного реле P_1 практически не течет и его контакты P_1^1, включающие питание лампы увеличителя $Л_1$, разомкнуты. При кратковременном нажатии кнопки конденсатор C_1 мгновенно заряжается и тут же начинает разряжаться через резисторы R_2 и R_3. Одновременно с момента нажатия кнопки до момента, когда конденсатор C_1 разрядится до напряжения 2 *в*, реле P_1 останется включенным, замыкая своими контактами цепь питания лампы увеличителя. Лампа выключается, как только напряжение на обкладках конденсатора C_1 станет меньше 2 *в*. Чтобы снова включить лампу, надо снова нажать кнопку пуска автомата.

Питание реле времени получает от сети переменного тока через выпрямитель, собранный на любом плоскостном диоде. Конденсатор C_2 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения.

Трансформатор питания $Тр_1$ намотан на сердечнике из пластин Ш-16; толщина набора пластин 18 *мм*. Обмотка *I*, рассчитанная на напряжение сети 220 *в*, состоит из 2 800 витков провода ПЭВ 0,12. Для питания реле от сети с напряжением 127 *в* сделай в этой обмотке отвод от 1 500-го витка. Обмотка *II* имеет 100 витков провода ПЭВ 0,3. На выходе выпрямителя должно быть напряжение 8—10 *в*.

Электромагнитное реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.302, РС4.524.303) или самодельное. Данные остальных деталей автомата указаны на его схеме.

После того как реле времени смонтируешь и убедишься в его работоспособности, откалибруй резистор R_3. Калибровка сводится к тому, что для положений его движка через каждые 10—15° по хронометру определяется время включения реле. Полученные данные нанеси в виде шкалы вокруг ручки резистора, снабженной стрелкой-указателем.

Только ли для фотопечати пригодно это реле времени? Нет, конечно, его можно приспособить для включения на заданное время другие приборы, например электродвигатели моделей на выставке работ юных техников.

Мультивибратор и его применение

В тех случаях, когда надо периодически, через равные промежутки времени включать приборы, к тому же без вмешательства человека, в качестве датчиков таких автоматов часто используют генераторы переменного тока или напряжения прямоугольной формы. К числу таких генераторов относится м у л ь т и в и б р а т о р.

Что представляет собой этот автоматически действующий электронный ключ, как иногда называют мультивибратор, и как он работает?

Посмотри на схему, изображенную на рис. 371. Она тебе хорошо знакома — это схема простого двухкаскадного транзисторного усилителя низкой частоты. Что произойдет, если выход такого усилителя соединить с его входом, как показано на схеме штриховыми линиями? Между выходом и входом усилителя образуется положительная обратная связь и он самовозбудится — станет генератором колебаний низкой частоты, и в телефонах мы услышим звук низкого тона. С таким явлением в приемниках и усилителях ведут решительную борьбу, а вот для автоматически действующих приборов оно оказывается полезным.

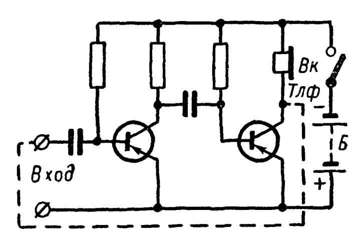


Рис. 371. Усилитель НЧ с положительной обратной связью самовозбуждается.

Теперь посмотри на рис. 372, *а*. На нем ты видишь схему такого же мультивибратора, как на рис. 371, только построение ее несколько изменено. Именно так обычно чертят схемы подобных генераторов. На схеме указаны и данные деталей, значит, по ней можно строить мультивибратор.

Если к точкам *а* и *б* такого генератора подключить осциллограф, то на экране его электроннолучевой трубки увидим примерно такую же кривую, как та, что изображена на рис. 372, *б*. Мультивибратор, как видишь, генерирует колебания прямоугольной формы. Период T, а значит, и частота колебаний зависят в основном от емкости конденсаторов связи между цепями коллекторов и баз транзисторов (C_1 и C_2) и сопротивлений резисторов в цепях баз (R_2 и R_3). Значит, с уменьшением емкости этих конденсаторов или сопротивлений резисторов частота колебаний, генерируемых мультивибратором, увеличивается, а с увеличением, наоборот, уменьшается. Если мультивибратор симметричный, т. е. когда емкости конденсаторов связи и сопротивления базовых резисторов транзисторов обоих его плеч одинаковые, примерную частоту генерируемых колебаний можно подсчитать по формуле

$$f = 1/5RC,$$

где f — частота в герцах, R — сопротивления базовых резисторов в омах, C — емкости конденсаторов связи в фарадах.

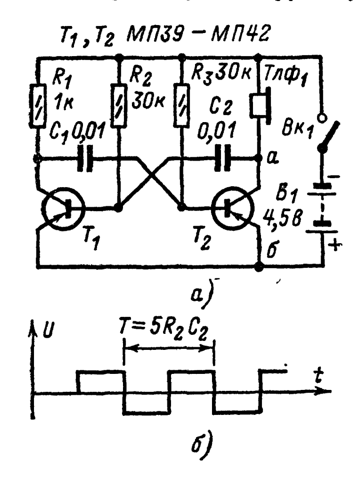


Рис. 372. Мультивибратор (*а*) и график колебаний (*б*), генерируемых им.

Амплитудное значение колебаний мультивибратора равно примерно напряжению источника питания.

Но мультивибратор, кроме колебаний основной частоты, генерирует множество кратных ей гармонических колебаний. Этим-то и объясняется широкое использование мультивибраторов для генерирования колебаний низких и высоких частот, включая и колебания КВ и УКВ диапазонов радиоволн. Этим свойством мультивибратора ты уже пользовался. То был пробник-генератор сигналов для проверки построенных тобой приемников и усилителей.

Теперь расскажем о некоторых других практических применениях этого электронного ключа.

Электронный звонок. Квартирный звонок может быть электронным, если его смонтировать по схеме, показанной на рис. 373. Он представляет собой мульти-

вибратор на транзисторах T_1 и T_2 с усилителем мощности на транзисторе T_3, на выход которого включен громкоговоритель.

То, что мультивибратор генерирует колебания прямоугольной формы, а не синусоидальной, для электронного звонка не имеет значения. Во-первых, сигнал прямоугольной формы прослушивается как чистый тон, а во-вторых, подключив параллельно громкоговорителю конденсатор (C_3), ты получишь переменное напряжение, достаточно близкое по форме к синусоидальной.

Если для звонка использовать трансляционный громкоговоритель вместе с его переходным трансформатором, как в приемнике-радиоточке, в его футляре разместится вся электроника звонка, смонтированная на плате. Туда же помести и батарею питания.

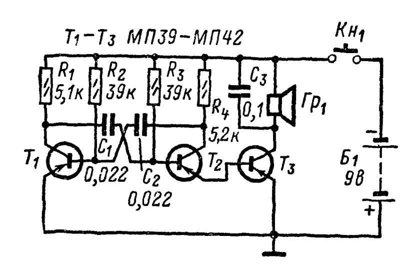


Рис. 373. Схема электронного звонка.

Сам электронный звонок установи в коридоре и соедини его двумя проводами с кнопкой. Нажми кнопку — громкоговоритель «звонит», отпусти — молчит. Так как питание на прибор подается только во время подачи сигналов, то двух батарей КБС-Л-0,50, соединенных последовательно, хватает на несколько месяцев работы звонка.

Этот прибор с таким же успехом может быть использован для изучения и тренировки в приеме на слух телеграфной азбуки — азбуки Морзе. В этом случае надо только кнопку заменить телеграфным ключом. Тональность звука подбирают изменением емкостей конденсаторов C_1 и C_2 и номиналов резистором R_2 и R_3.

Электронный переключатель. Электронный переключатель, схема которого показана на рис. 374, можно использовать для коммутации питания двух елочных гирлянд, включенных в сеть переменного тока. Питать переключатель можно от двух батарей КБС-Л-0,50, соединенных последовательно, или от выпрямителя, который бы давал на выходе постоянное напряжение 9—12 *в*.

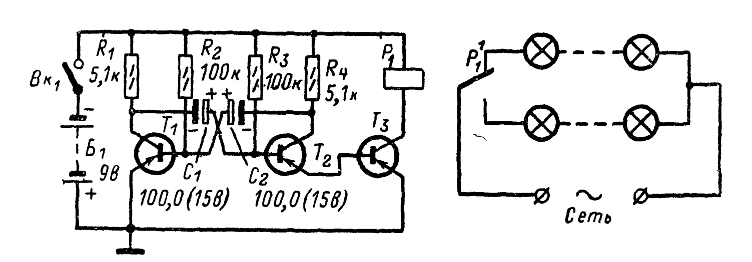


Рис. 374. Схема электронного переключателя.

Схема переключателя очень схожа со схемой электронного звонка. Разница в основном лишь в том, что мультивибратор переключателя генерирует колебания частотой около 0,25 *гц*, а нагрузкой усилителя мощности является обмотка электромагнитного реле P_1. Реле имеет одну пару контактных пластин, работающих на переключение. Подойдет любое электромагнитное реле, надежно срабатывающее от напряжения 5—6 *в* при токе 20—50 *ма*. Хорошо будет работать и самодельное реле.

При включении питания транзисторы T_1 и T_2 попеременно открываются и закрываются, генерируя сигнал прямоугольной формы. Когда транзистор T_2 открыт, отрицательное питающее напряжение через резистор R_4 и этот транзистор прикладывается к базе транзистора T_3, вводя его в насыщение. При этом сопро-

тивление коллектор — эмиттер транзистора T_3 уменьшается до нескольких ом и почти все напряжение питания прикладывается к обмотке реле P_1 — реле срабатывает и своими контактами подключает к сети одну из гирлянд. Когда же транзистор T_2 закрыт, цепь питания базы транзистора T_3 разорвана, в результате чего он также закрыт и через обмотку реле ток не течет — в это время контакты реле подключают к сети вторую елочную гирлянду. Если ты пожелаешь изменить время переключения гирлянд, то изменяй емкости конденсаторов C_1 и C_2. Данные резисторов R_2 и R_3 оставь прежними, иначе нарушится режим работы транзисторов по постоянному току.

Переключатель можно смонтировать на плате из гетинакса или другого изоляционного материала и вместе с батареей питания поместить в коробку из фанеры.

Во время работы переключатель потребляет ток не больше 30 *ма*, так что энергии двух батарей КБС-Л-0,50 вполне хватит на все новогодние праздники.

Аналогичный переключатель можно использовать и для других целей: например, для иллюминации аттракционов. Представь себе выпиленную из фанеры и разрисованную фигурку героя сказки «Кот в сапогах». Позади прозрачных глаз находятся лампочки от карманного фонаря, коммутируемые электронным переключателем, а на самой фигурке — кнопка. Стоит нажать кнопку, как кот тут же начнет подмигивать тебе. А разве нельзя использовать переключатель для электрификации некоторых моделей, например модели маяка. В этом случае в коллекторную цепь транзистора усилителя мощности можно вместо электромагнитного реле включить малогабаритную лампочку накаливания, рассчитанную на небольшой ток накала, которая станет имитировать вспышки маяка. Если такой переключатель дополнить тумблером, с помощью которого в коллекторную цепь выходного транзистора можно было включать поочередно две таких лампочки, то он может стать указателем поворотов твоего велосипеда. Примерно такими «мигалками» оборудованы многие автомобили.

А как еще можно применить электронный переключатель?

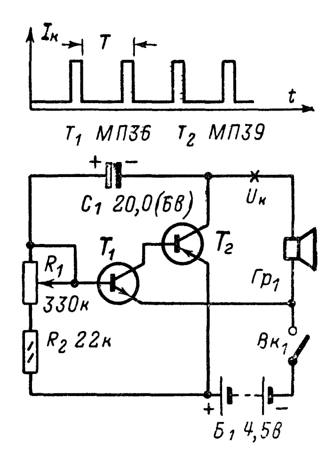


Рис. 375. Схема электронного метронома

Метроном — это своеобразные часы, позволяющие по звуковым сигналам отсчитывать равные промежутки времени с точностью до долей секунды. Такие приборы используют, например, для выработки чувства такта при обучении музыкальной грамоты, во время первых тренировок по передаче сигналов телеграфной азбукой.

Схему одного из таких приборов ты видишь на рис. 375. Это тоже мультивибратор, но несимметричный — данные его деталей подобраны таким образом, что он генерирует колебания несимметричной формы (см. график над схемой метронома).

В мультивибраторе работают транзисторы разной электропроводимости: T_1 — структуры *n-p-n* (МП35 — МП38), а T_2 — структура *p-n-p* (МП39 — МП42). Это позволило уменьшить общее число его деталей. Принцип же его работы остается таким же — генерация возникает за счет положительной обратной связи между выходом и входом двухкаскадного усилителя низкой частоты. В нашем приборе эта связь осуществляется электролитическим конденсатором C_1. Нагрузкой мультивибратора служит малогабаритный электродинамический громкоговоритель ($Гр_1$) со звуковой катушкой сопротивлением 4—10 *ом*, например, 0,1ГД-6, 0,1ГД-8 или телефонный капсюль, создающий при кратковременных импульсах тока звуки, похожие на щелчки. Частота следования таких импульсов регулируется переменным резистором R_1 и может изменяться примерно от 20

до 300 в минуту. Резистор R_2 ограничивает ток базы первого транзистора, когда движок резистора R_1 находится в крайнем нижнем (по схеме) положении, соответствующем наибольшей частоте генерируемых колебаний.

Питать прибор можно от одной батареи КБС-Л-0,50 или трех элементов ФБС-0,25, соединенных последовательно. Ток, потребляемый им от батареи, не превышает 10 *ма*.

Переменный резистор R_1 должен иметь шкалу, отградуированную по механическому метроному. Пользуясь ею, ты простым поворотом ручки резистора можешь установить нужную частоту звуковых сигналов метронома.

Аттракционы-автоматы. На одной из выставок работ радиолюбителей-конструкторов демонстрировались два забавных, на мой взгляд, аттракциона: «Кот Васька» и «Щенок». Кот Васька добросовестно подмигивал, когда его громко называли по имени, а щенок скулил, как только у него отбирали блюдце с косточкой. Авторы этих экспонатов — радиолюбители кружка Ташкентского Дворца пионеров и школьников. Вот о «начинке» этих аттракционов, основанных на принципе работы реле и мультивибратора, я и решил рассказать тебе.

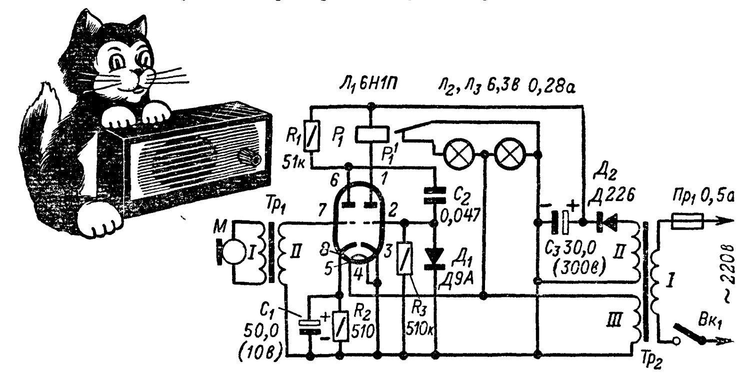


Рис. 376. Принципиальная схема звукового реле-аттракциона «Кот Васька».

Принципиальная схема электронной части первого из этих аттракционов показана на рис. 376. Лампочки $Л_2$ и $Л_3$ — это глаза животного. Если его назвать или просто крикнуть, то одна из лампочек-глаз погаснет и тут же вновь загорится — кот подмигнет.

Работает он по принципу звукового реле — звук управляет исполнительным механизмом. Левый (по схеме) триод лампы 6Н1П работает как усилитель напряжения низкой частоты, источником которого является микрофон. Усиленный сигнал выпрямляется диодом $Д_1$ и заряжает конденсатор C_2 так, что на управляющей сетке правого (по схеме) триода получается отрицательное напряжение, закрывающее этот триод. При этом реле P_1, включенное в цепь анода, обесточивается и его контакты P_1^1 разрывают цепь питания лампочки-глаза $Л_2$. А лампочка $Л_3$ продолжает гореть. Как только звук прекратится, лампочка $Л_2$ вновь загорается.

Нити накала радиолампы $Л_1$ и лампочек $Л_2$ и $Л_3$ питаются от понижающей обмотки *III* трансформатора $Тр_2$, а анодные цепи радиолампы — от однополупериодного выпрямителя на диоде $Д_2$. Электролитический конденсатор C_3 служит для сглаживания пульсаций выпрямленного тока.

В блоке питания можно использовать любой трансформатор питания, повышающая обмотка которого дает напряжение 150—220 *в*. Реле P_1 — любое электромагнитное реле, срабатывающее при токе 3—5 *ма*. Микрофоном служит абонентский громкоговоритель вместе с его согласующим трансформатором, который используется в качестве микрофонного ($Тр_1$).

Все детали реле смонтированы на шасси, которое помещено в футляре того же абонентского громкоговорителя. Правильно собранное реле наладки не требует.

Принципиальная схема и монтажная плата электронной части второго аттракциона показаны на рис. 377. Это два взаимосвязанных мультивибратора с громкоговорителем. Один из них, на транзисторах T_3 и T_4, генерирует колебания звуковой частоты, второй, на транзисторах T_1 и T_2, служит для периодического включения и выключения первого мультивибратора, что необходимо для имитации голоса недовольного щенка. Транзистор T_5 усиливает колебания звуковой частоты.

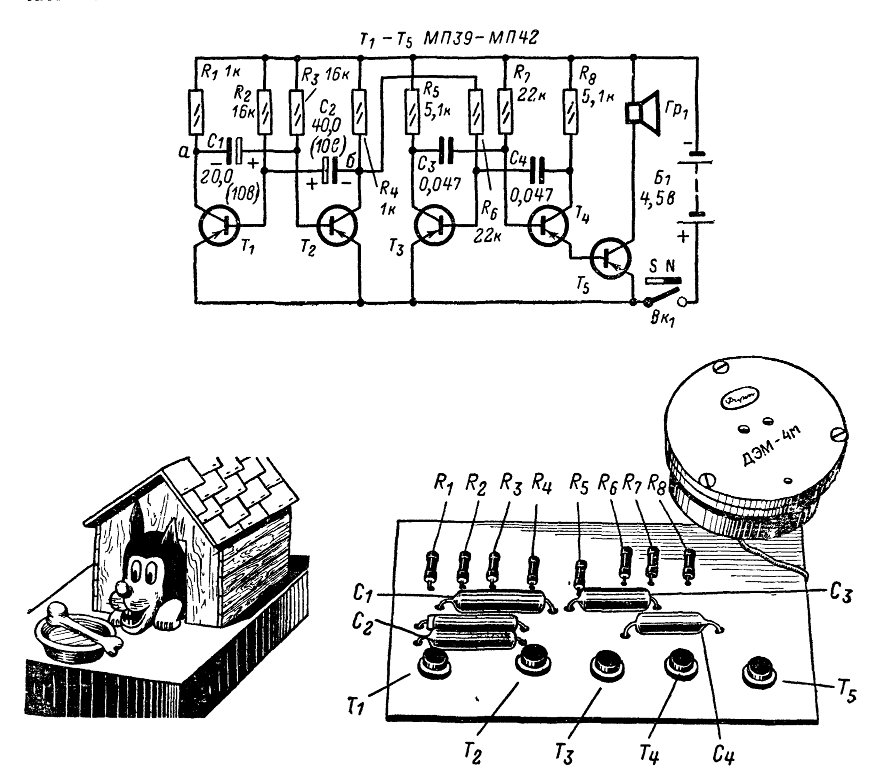


Рис. 377. Принципиальная схема и монтажная плата аттракциона.

В качестве громкоговорителя $Гр_1$ использован капсюль ДЭМ-4м. Нагрузкой транзистора T_5 может быть также маломощный электродинамический громкоговоритель, включенный в коллекторную цепь через выходной трансформатор транзисторного приемника. Источником питания служит батарея КБС-Л-0,5.

Для генератора можно использовать любые маломощные низкочастотные транзисторы, в том числе с малыми $B_{ст}$, а также резисторы и конденсаторы любых типов с номиналами, близкими к указанным на схеме.

Проверку работоспособности устройства начинай с генератора и усилителя на транзисторах T_3 — T_5, соединив верхний (по схеме) вывод резистора R_6 непосредственно с минусовым проводником питания и подключив батарею, минуя выключатель питания $Вк_1$. Если детали исправны и в монтаже ошибок нет, то

в громкоговорителе будет слышен непрерывный однотонный звук. Если этого не произойдет, значит, есть ошибка в монтаже генератора или неисправные детали. Проверить работу только транзисторов T_3 и T_4 можно, подключив параллельно резистору R_8 высокоомные телефоны. Если они звучат, то неисправность надо искать только в каскаде на транзисторе T_5.

Тон звука изменяй по своему вкусу подбором емкостей конденсаторов C_3 и C_4.

Убедившись в работоспособности этого генератора, восстанови соединение резистора R_6 с коллекторной цепью транзистора T_2 (на схеме — точка *б*) второго генератора. Этот резистор можно подключить и к коллектору транзистора T_1 (на схеме — точка *а*). При этом соотношение между паузами звучания громкоговорителя должно измениться.

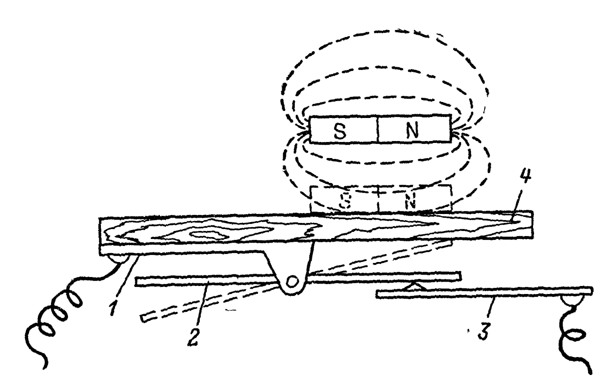


Рис. 378. Магнитный выключатель.

«Секрет» этого аттракциона — магнитный выключатель питания $Вк_1$. Его конструкцию ты видишь на рис. 378. В жестяной обойме *1* находится пластинка *2*, которая под действием собственного веса прижимается к контакту *3* выключателя. Правый конец пластинки *2* легко поднимается под действием поля постоянного магнита и размыкает цепь питания мультивибраторов. Если магнит убрать, пластинка *2* упадет на контакт *3*, замкнет цепь питания и щенок начинает скулить.

Детали самого выключателя находятся перед носом фигурки щенка и закрыты тонким гетинаксом. Магнит замаскирован в блюдце. Левый конец пластинки *2* служит противовесом и облегчает работу магнита. С целью уменьшения трения эта замыкающая пластинка свободно лежит на шпильке обоймы *1*, не имея с ней механической связи.

Эти две игрушки — наглядный пример практического применения электроники в бытовой автоматике.

Кодовый замок

А вот еще пример автоматики — кодовый замок.

Замки с «секретом» в виде закодированного набора цифр известны давно. Механические замки такого типа ты, конечно, видел — они продаются в магазинах хозтоваров. Кодовые замки широко используются для автоматических камер хранения вещей на больших железнодорожных вокзалах, в аэропортах.

Но кодовый замок может быть электромеханическим. Исполнительным механизмом такого замка служит электромагнит, подвижный сердечник которого механически связан с защелкой дверного замка.

Схема наиболее простого варианта такого замка показана на рис. 379. Здесь $ЭМ_1$ — электромагнит, переключатели $П_1$ — $П_5$ — тумблеры, а $Кн_1$ — $Кн_5$ — кнопки на два положения с возвратными пружины. Пульт кнопок, с помощью

которых можно отвести защелку замка, находится с наружной, а переключатели $П_1$ — $П_5$ кодирования замка — с внутренней стороны двери. Чтобы электромагнит сработал и таким образом позволил открыть дверь, надо знать код замка и с учетом этого шифра нажать соответствующие ему кнопки.

Набор (установку) кода замка производят переводом контактов нескольких переключателей из положения *а* в положение *б*. На схеме в положение *б* переведены переключатели $П_2$ и $П_5$, значит, для этого случая код нашего замка будет *2* и *5*. И если ты, зная этот код, нажмешь одновременно кнопки $Кн_2$ и $Кн_5$, то цепь питания электромагнита окажется замкнутой, электромагнит сработает и его сердечник, втягиваясь в обмотку, оттянет защелку замка — дверь можно открывать. А если, кроме этих двух кнопок, нажать еще какую-то кнопку? Эта третья кнопка разорвет цепь питания замка и электромагнит не сработает. А если одновременно нажать все кнопки? Если код тот же, то ничего не получится.

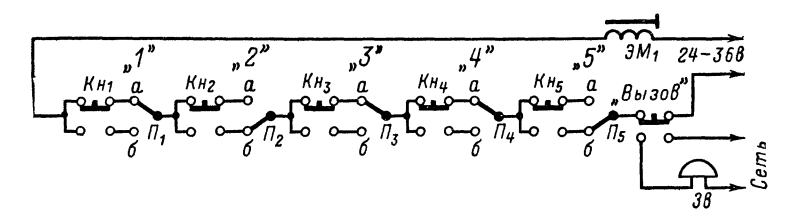


Рис. 379. Схема простейшего кодового замка.

Сложность подбора нужного кода при попытке угадать его возрастает с увеличением числа переключателей и кнопок замка. Если число переключателей и кнопок увеличить до десяти, то для расшифровки кода замка надо перебрать более тысячи вариантов. Но и при пяти кнопках код замка не так-то легко расшифровать.

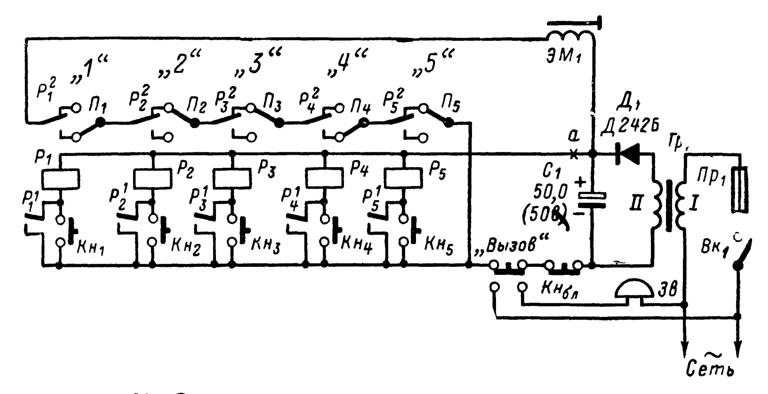


Рис. 380. Схема кодового замка с электромагнитными реле.

А если придет незнающий кода замка? Для него есть кнопка «*Вызов*». Нажав ее, в помещении зазвонит звонок.

Схема второго варианта кодового замка изображена на рис. 380. Это, по существу, такой же замок, как и первый, но с электромагнитными реле. Питание его осуществляется от однополупериодного выпрямителя на диоде $Д_1$ типа Д242Б. Импульсы выпрямленного тока сглаживаются электролитическим конденсатором $С_1$.

Электромагнитные реле должны иметь по одной группе нормально разомкнутых контактов (на схеме P_1^1 — P_5^1) и по одной группе перекидных контактов (P_1^2 — P_5^2).

Код устанавливают, как и в первом замке, переводом контактов двух, трех или четырех переключателей из верхнего (по схеме) в нижние положения. Положение переключателей на схеме соответствуют коду замка *1* и *4*. Чтобы открыть дверь, надо нажать только кнопки $Кн_1$ и $Кн_4$, причем в любом порядке и необязательно одновременно.

Нам известен этот код замка, установленный, скажем, только на сегодня, поэтому можем спокойно нажать соответствующие ему кнопки и открыть дверь. Но что при этом происходит? Обмотки всех реле подключены (через нормально разомкнутые контакты кнопок и реле) параллельно выпрямителю. Допустим, первой нажимаем кнопку $Кн_1$. Замыкая ее контакты, мы тем самым подключаем обмотку реле P_1 к выходу выпрямителя, и это реле срабатывает. При этом его нормально разомкнутые контакты P_1^1, подключенные параллельно контактам кнопки, замыкаются, а перекидной контакт группы P_1^2 замыкается с нижним (по схеме) контактом переключателя $П_1$. Кнопку можно отпустить — якорь реле не отойдет от сердечника, так как кнопка блокирована замкнувшимися контактами P_1^1. Если теперь нажать кнопку $Кн_4$, соответствующую второй цифре кода, точно так же сработает реле P_4 и цепь питания электромагнита $ЭМ_1$ замкнется. При открывании двери обмотки обесточиваются блокировочной кнопкой $Кн_{бл}$, вмонтированной в дверной коробке, и механизмы замка возвращаются в исходное состояние.

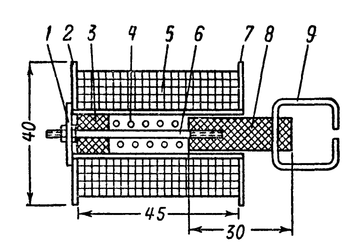


Рис. 381. Электромагнит.

Если по незнанию кода или по ошибке будут нажаты другие кнопки, срабатывания электромагнита не произойдет. В этом случае контакты реле замка могут быть возвращены в исходное положение нажатием кнопки *Вызов*. При этом в помещении раздается звуковой сигнал звонка.

Для кодового замка любого варианта можно использовать готовый электромагнит, рассчитанный на напряжение 24—36 *в*, или самодельный.

Конструкция самодельного электромагнита может быть такой, как показанная на рис. 381. Каркасом обмотки электромагнита служит пластмассовая гильза *2* диаметром 10—12 *мм* с приклеенными к ней щечками *7*. В гильзу плотно вставлен опорный деревянный вкладыш *3* стальной пружины *4*. В опорном вкладыше просверлено отверстие для направляющего стержня *6* сердечника *8*. С помощью тяги *9* сердечник электромагнита соединяется с защитой дверного замка. Цифрой *1* на этом рисунке обозначена шайба, ограничивающая ход сердечника под действием пружины.

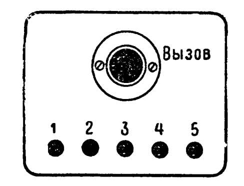


Рис. 382. Пульт кнопок.

Сердечником электромагнита служит стержень из мягкого железа. Ход его в гильзе каркаса должен быть не менее 10 *мм*. Тягу можно сделать из стальной проволоки толщиной 1,5—2 *мм*; она должна быть такой, чтобы не препятствовала открытию замка вручную.

На каркас намотай не менее 2 000 витков провода ПЭЛ или ПЭВ 0,29—0,31. Активное сопротивление такой катушки будет около 60 *ом*. При напряжении питания 24 *в* электромагнит, срабатывая, будет потреблять ток 0,4—0,5 *а*.

Трансформатор питания, рассчитанный на такие напряжение и ток, намотай на сердечник с площадью сечения керна 4,5—5 *см*. Расчет его обмоток такой же,

как для трансформаторов питания приемников и усилителей (см. десятую беседу). Для первичной обмотки используй провод диаметром 0,15—0,18, а для вторичной — диаметром 0,45—0,5 *мм*.

Электромагнитные реле для кодового замка второго варианта могут быть любых типов, и необязательно малогабаритными, лишь бы они срабатывали при напряжении выпрямителя и имели нормально замкнутые и перекидные контакты.

Пульт кнопок открывания замка может быть таким, как показанный на рис. 382. Если число переключателей кодирующего устройства замка будет больше, то соответственно должно быть увеличено и число кнопок пульта. Сами кнопки могут быть самодельными и смонтированы прямо на панели пульта.

Теперь о точке *а*, обозначенной на схеме (рис. 380) крестиком, о которой мы еще ничего не сказали. Дело в том, что кое-кто будет пытаться открыть замок нажатием всех кнопок на пульте. Конечно, электромагнит в таком случае не сработает, а вот реле, самоблокируясь своими контактами P_1^1 — P_5^1, могут продолжительное время оказаться под током. Предотвратить это можно путем кратковременного разрыва общей цепи питания обмоток реле в точке *а*. Можно, например, в цепь в этой точке включить термореле, которое бы, нагреваясь током, потребляемым обмотками реле, на долю секунды разрывало эту цепь. Но в замок можно ввести реле выдержки времени, которое бы через 1—1,5 секунды после нажатия первой кнопки автоматически разрывало цепь питания электромагнитных реле и таким образом обесточивало бы их обмотки. А вот как это сделать — подумай!

Где наиболее целесообразно установить кодовой замок? Лучше всего, пожалуй, на двери комнаты, где занимается технический кружок. Это, во-первых, интересно и, во-вторых, удобно — каждый кружковец, зная код на день занятия, входит в комнату, не отвлекая от дела других.

* * *

В этой беседе я познакомил тебя лишь с принципом работы и некоторыми видами использования электронных автоматически действующих приборов и устройств. Что же касается компоновки и монтажа деталей, габаритов и внешнего оформления конструкции того или иного автомата, то с этими задачами, полагаю, ты справишься и без моей помощи. Ведь ты уже не новичок в таких делах. Были задачи и посложнее.

O

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ПЕРВАЯ

Электромузыка

Все чаще мы слушаем музыку, исполняемую на электромузыкальных инструментах. Она звучит с эстрады концертных залов, по радио, телевидению.

Электромузыка возникла в нашей стране в 1921 г. с того момента, когда появился терменвокс, построенный советским инженером и музыкантом Л. С. Терменом. Терменвокс является бесклавишным и бесгрифовым электромузыкальным инструментом. В нем применены методы бесконтактного управления высотой и громкостью звука.

Первый грифовый электромузыкальный инструмент появился в нашей стране в 1922 г., а первый клавишный — в 1937 г.

Сейчас электромузыка стала не только областью музыкального искусства, но и предметом увлечения многих радиолюбителей. Не исключено, что она «затянет» и тебя. И если случится именно так, то эта беседа поможет тебе сделать первые шаги в эту увлекательную область радиоэлектроники.

Начнем с элементарной музыкальной грамоты.

О некоторых свойствах музыкального звука

Ты уже знаешь, что каждый звук, в том числе и музыкальный, прежде всего характеризуется его высотой. Высота музыкального звука зависит от геометрических размеров того вибратора, который создает этот звук. Наиболее распространенными вибраторами являются струны рояля, пианино, скрипки, гитары и других струнных музыкальных инструментов. Если тебе приходилось заглядывать внутрь рояля или пианино, то ты не мог не заметить, что их струны, создающие наиболее высокие звуки, значительно короче и тоньше струн, создающих наиболее низкие звуки.

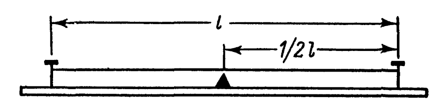


Рис. 383. Опыт со струной.

Проведи такой опыт. Вбей в доску длиной около метра два гвоздя и натяни между ними тонкую стальную проволоку, рыболовную леску или прочную нитку (рис. 383). Оттяни слегка струну и отпусти. Она, колеблясь, создаст звук. Запомни высоту этого звука. Теперь найди точно середину струны, подставь под ней в этом месте какой-либо небольшой твердый предмет и заставь колебаться одну из половинок струны. Что получилось? Звук, созданный половиной струны, очень похож на звук всей струны, но он более высокий. Ты вдвое сократил геометрические размеры струны. При этом высота звука тоже удвоилась.

Частотный интервал между двумя такими звуками называют октавой. Он получается при изменении частоты звуковых колебаний вдвое.

Числом октав оценивают диапазоны звуковых частот музыкальных инструментов, голоса людей, певчих птиц. Звуковой спектр пианино, например, $7^1/_2$ октавы. Середина клавиатуры этого музыкального инструмента показана на рис. 384. Это первая октава. Она начинается со звука «до» и кончается звуком «си». Вверх от этой октавы (на рис. 384 — вправо) идет вторая октава,

за ней третья, четвертая и неполная пятая октавы, а вниз (на рис. 384 — влево) — малая октава, большая октава, контроктава и несколько клавишей субконтроктавы. Всего, таким образом, более семи октав, охватывающие диапазон звуковых частот примерно от 25—30 до 4 000—4 500 *гц*. Фактически же верхний участок диапазона звуковых колебаний, возбуждаемых пианино или роялем, значительно больше — за счет гармоник звуковых колебаний основных частот.

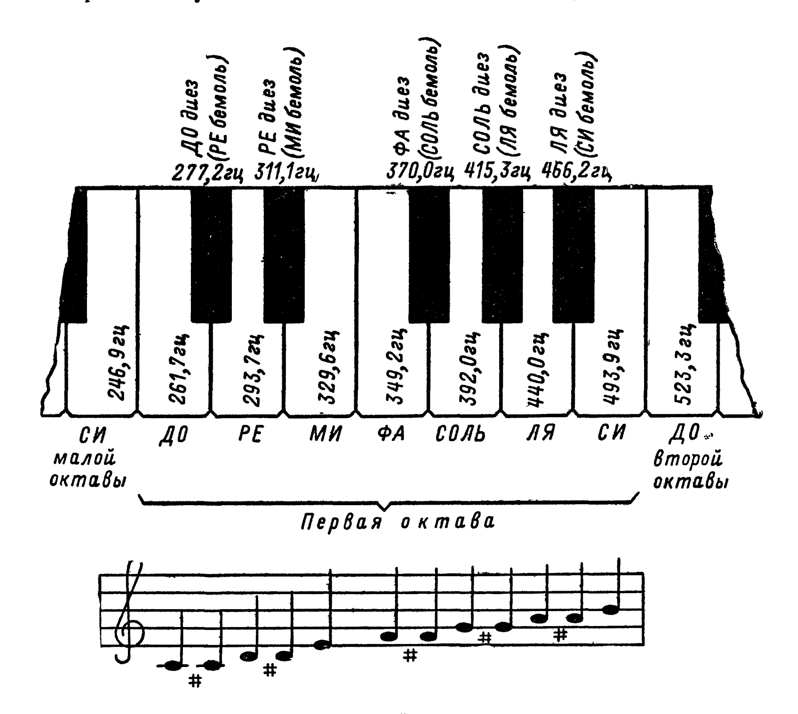


Рис. 384. Звуки первой октавы и их частоты.

В каждой октаве двенадцать клавиш. Из них семь белых, соответствующих звукам «до», «ре», «ми», «фа», «соль», «ля» и «си» и пять черных, соответствующих звукам «до диез» («ре бемоль»), «ре диез» («ми бемоль»), «фа диез» («ля бемоль») и «ля диез» («си бемоль»). Струна каждой клавиши настроена на строго определенную частоту колебаний. На рис. 384 частоты колебаний струн первой октавы указаны на клавишах и возле них. Посмотри на эти цифры. По ним можно судить о частотах звуков любой другой октавы. Ведь частоты звуков каждой октавы в 2 раза больше или меньше частот звуков соседней октавы. Так, например, частота звука «си» первой октавы в 2 раза больше частоты звука «си» малой октавы, а частота звука «до» первой октавы в 2 раза меньше частоты звука «до» второй октавы.

За эталон для настройки музыкальных инструментов принят звук «ля» первой октавы. Частота колебаний вибраторов, создающих этот звук, равна 440 *гц*. Подсчитай, какова должна быть частота «ля» других октав звукового диапазона, например пианино.

Как ты уже знаешь, источником звука может быть громкоговоритель, к которому подводят переменное напряжение низкой частоты. А если частоту генератора

низкой частоты изменять плавно или скачкообразно? Тогда также плавно или скачкообразно будет изменяться звук в громкоговорителе. Этот принцип и лежит в основе работы электромузыкальных инструментов.

Терменвокс

Блок-схема этого электромузыкального инструмента показана на рис. 385. Он состоит из двух генераторов, преобразователя и усилителя низкой частоты, на выход которого включен громкоговоритель. Частота генератора *ГФ* фиксированная, например, 100 000 *гц*, частота генератора *ГП* может плавно изменяться в пределах, например, от 100 050 *гц* до 105 000 *гц*. Колебания обоих генераторов подаются на вход преобразователя. На выходе преобразователя получается звуковая частота, которая зависит от настройки контура генератора *ГП* и может изменяться в довольно широких пределах. Для нашего примера наивысшая звуковая частота будет равна 105 000—100 000 = 5 000 *гц*, а наинизшая 100 050—100 000 = 50 *гц*, т. е. может изменяться от 50 *гц* до 5 *кгц*. После усиления громкоговоритель преобразует колебания этих частот в звуки соответствующих им высот.

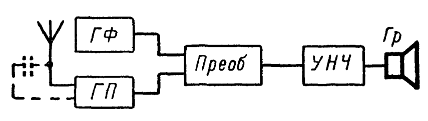


Рис. 385. Блок-схема терменвокса.

Каким способом исполнитель музыкального произведения изменяет частоту генератора с плавной настройкой? Изменением расстояния ладони руки относительно антенны-штыря, подключенной к колебательному контуру этого генератора.

Ладонь руки и антенна в данном случае являются не чем иным, как обкладками конденсатора, емкость которого изменяется в зависимости от расстояния между ними. А поскольку этот «конденсатор переменной емкости» вместе с антенной подключен к колебательному контуру генератора, частота его изменяется. Это — главное в инструменте, созданном около полувека назад Л. С. Терменом.

Разумеется, что в этом инструменте есть узлы, позволяющие изменять тембр и громкость звука — все то, что заставляет звук «жить».

Терменвокс представляет собой относительно сложное радиотехническое устройство. Но главная сложность заключается не в конструкции, а в технике игры на этом инструменте. Не всякий музыкант может хорошо исполнять на нем произведения композиторов. И именно поэтому, на мой взгляд, нецелесообразно только ради интереса браться за конструирование терменвокса, отвечающего высоким требованиям музыкального искусства.

Музыкальная шкатулка

Для начала практического знакомства с электромузыкой можно сделать музыкальную шкатулку, схема которой изображена на рис. 386. Это, конечно, не инструмент в полном смысле этого слова, а всего лишь музыкальная игрушка, или сувенир. Но на ней все же можно играть несложные мелодии.

Музыкальная шкатулка представляет собой генератор, который можно настроить на двенадцать фиксированных звуковых частот от звука «до» до звука «си» первой или второй октавы, с однокаскадным усилителем низкой частоты. Генератор образуют транзистор T_1, первичная обмотка трансформатора Tp_1 и конденсаторы C_1 — C_{12} в базовой цепи транзистора. Нижняя (по схеме) часть первичной обмотки трансформатора Tp_1 выполняет роль катушки положительной обратной связи между коллекторной и базовой цепями транзистора, благодаря которой каскад самовозбуждается.

Емкости конденсаторов C_1 — C_{12} (примерно от 0,5 *мкф* и меньше) подбирают опытным путем при настройке генератора шкатулки.

С помощью кнопочных выключателей K_1 — K_{12} в цепь базы транзистора могут быть включены от одного до двенадцати последовательно соединенных конденсаторов. Так, например, если нажать кнопку K_1 и таким образом замкнуть ее контакты, в цепь базы будет включен только конденсатор C_1, при нажатии кнопки K_3 — три конденсатора — C_1, C_2 и C_3, если нажать кнопку K_7 — семь конденсаторов (C_1 — C_7) и т. д. до двенадцати конденсаторов. Чем больше конденсаторов включено в цепь базы, тем меньше их общая емкость, тем, следовательно, выше частота генератора. Эти конденсаторы образуют частотозадающую цепь генератора тона. Нажатие кнопки K_1, когда в эту цепь включен только один конденсатор, соответствует самому низкому звуку шкатулки, а нажатие кнопки K_{12}, когда в частотозадающую цепь включены все двенадцать последовательно соединенных конденсаторов, — самому высокому звуку шкатулки.

Колебания звуковой частоты, вырабатываемые генератором, через вторичную обмотку трансформатора подаются к транзистору T_2, усиливаются им и громкоговорителем $Гр_1$, являющимся нагрузкой транзистора этого каскада, преобра-

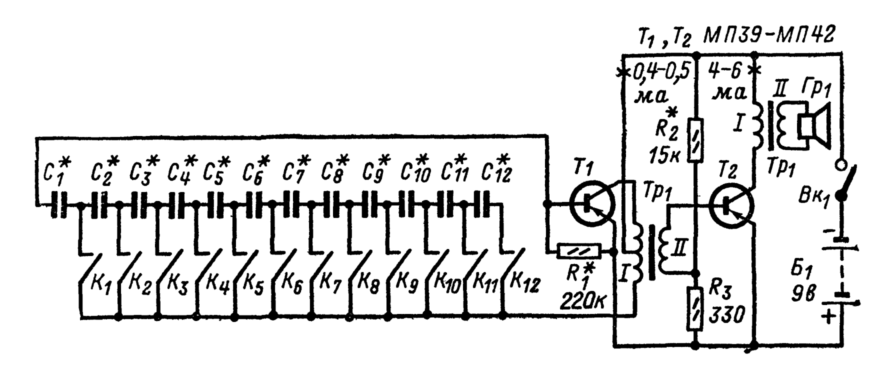


Рис. 386. Принципиальная схема музыкальной шкатулки.

зуются в звуковые колебания. Резисторы R_2 и R_3 образуют делитель, с которого на базу транзистора (через вторичную обмотку трансформатора $Тр_1$) подается напряжение смещения.

Источником питания шкатулки служит батарея КБС-Л-0,50.

Издаст ли громкоговоритель шкатулки звуки разных тональностей, если одновременно нажать несколько кнопок? Нет. Звук будет только одной тональности — той, которой соответствует нажатие дальней (по схеме) от транзистора кнопки. Допустим, что ты сразу нажал две кнопки, например, K_2 и K_7. Что при этом получится? В этом случае конденсаторы C_3, C_4, C_5, C_6 и C_7 окажутся закороченными контактами нажатых кнопок, а в частотозадающую цепь будут включены только конденсаторы C_1 и C_2, что равнозначно нажатию только кнопки K_2. Емкость этих двух последовательно соединенных конденсаторов и определит частоту генератора, а значит, и высоту звука шкатулки.

Электромузыкальные инструменты, с помощью которых можно создавать лишь однотонные звуки, принято именовать одноголосными инструментами. Наша шкатулка, следовательно, является одноголосной. Чтобы инструмент был многоголосным, в нем должно быть соответствующее число генераторов тона.

Для генератора тона и усилителя низкой частоты шкатулки можно использовать любые маломощные низкочастотные транзисторы, в том числе и типа ГТ108, с коэффициентом усиления $B_{ст}$ от 20 и более. Конденсаторы частотозадающей цепи должны быть малогабаритными и с возможно меньшей утечкой, например, типа КЛС или КДС. Резисторы могут быть любого типа, так как их всего три и они не займут много места на монтажной плате.

Трансформатор $Тр_1$ — согласующий, а $Тр_2$ — выходной трансформаторы, предназначенные для малогабаритных транзисторных приемников с двухтактным выходным каскадом. Вторичную обмотку согласующего трансформатора включай в цепь генератора тона (на схеме — обмотка *I*), а его первичную обмотку в цепь базы транзистора $Т_2$ (на схеме — обмотка *II*). Громкоговоритель $Гр_1$ — любой малогабаритный электродинамического типа со звуковой катушкой сопротивлением 4—6 *ом*. Кнопочные выключатели и выключатель питания самодельные.

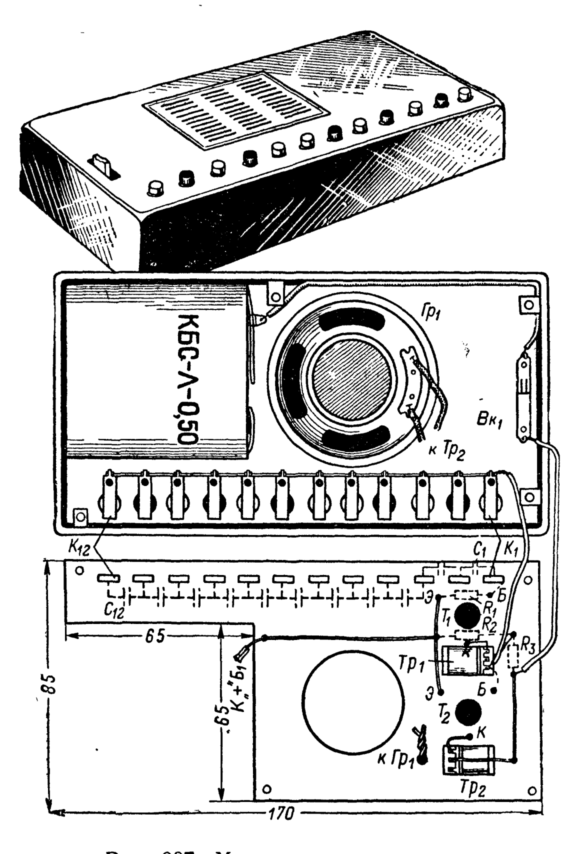


Рис. 387. Музыкальная шкатулка.

Внешний вид и конструкция предлагаемой музыкальной шкатулки показаны на рис. 387. Все ее детали смонтированы на двух гетинаксовых платах. Одна из них (назовем ее первой), на которой смонтированы нижние (по схеме на рис. 386) пружинящие контакты кнопочных выключателей, выключатель питания, минусовой контакт батареи и громкоговоритель, прилегает непосредственно к внутренней стороне верхней стенки корпуса. Все остальные детали смонтированы на второй плате (штриховыми линиями показаны детали и соединительные проводники, находящиеся с противоположной стороны платы), которую винтами крепят к стойкам на первой плате. Батарея удерживается в вырезе во второй плате. Соединение ее плюсового вывода с монтажом осуществляется с помощью жестяного зажима. Транзисторы корпусами утоплены в отверстия в плате. Трансфор-

маторы приклеены к плате клеем Бф-2. Конденсаторы частотозадающей цепочки припаяны непосредственно к контактам кнопочных выключателей на второй плате.

Прежде всего подбери для шкатулки все готовые детали, сделай кнопочные выключатели, выключатель питания и только после этого определяй размеры монтажных плат и корпуса. Корпус можно склеить из цветного органического стекла, из фанеры, а также использовать готовый корпус транзисторного приемника или купить в магазине хозяйственных товаров подходящую коробку.

Кнопочные выключатели делай по рис. 388. Кнопка каждого выключателя удерживается нижней утолщенной частью между платой и пружинящим контактом, приклепанным к той же плате. При нажатии на кнопку она давит на пружинящий контакт и замыкает его со вторым контактом, укрепленным на второй плате. Когда кнопка отпущена, пружинящий контакт отходит от неподвижного контакта и вместе с кнопкой возвращается в исходное положение.

Для контактов хорошо использовать контактные пружины электромагнитного реле. Но подвижные контакты можно вырезать из листовой бронзы толщиной 0,2—0,3 *мм*, а неподвижные из более толстой латуни, меди или жести. Чтобы подвижные контакты лучше пружинили, заготовленные для них полоски отгартуй — положи на напильник и слегка простучи молотком. Кнопки выточи на токарном станке из пластмассы или склей их из отрезков круглого карандаша и кружков, вырезанных из хорошо проклеенного толстого картона. Кнопки основных тонов октавы покрась белой, а кнопки полутонов — черной эмалевой красками.

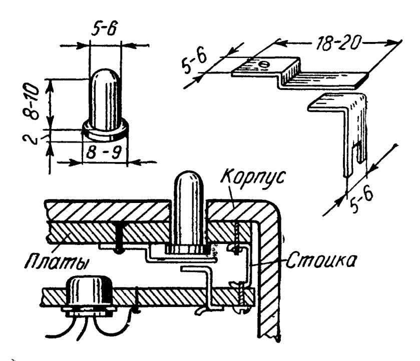


Рис. 388. Кнопочный выключатель.

Отверстия в плате и корпусе для кнопок просверли одновременно. Только после этого приклепывай к плате пружинящие контакты. «Хвостики» Г-образных неподвижных контактов вставляй в отверстия в плате и загибай их в разные стороны с другой стороны платы. Предварительно залуди их, чтобы легче было припаивать к ним конденсаторы частотозадающей цепи. Высота этих контактов должна быть такой, чтобы после закрепления второй платы зазор между ними и пружинящими контактами был 1,5—2 *мм*.

Выключатель питания и его детали показаны на рис. 389. Он состоит из двух металлических пластинок и ползуна. Ползун перемещается в прямоугольном отверстии в плате между корпусом и фигурной пластинкой, приклепанной к плате. При перемещении ползуна влево (по рис. 389) его нижний выступ давит на пружинящий контактный «язычок» в фигурной пластинке и замыкает его со второй контактной пластинкой — питание включено. При перемещении ползуна в обратную сторону контакты размыкаются — питание выключено.

Наиболее кропотливое дело — настройка генератора. Здесь все зависит от тщательности подбора емкостей конденсаторов частотозадающей цепи. Что же касается проверки усилителя низкой частоты, то это дело для тебя не ново.

Генератор настраивай на слух по звукам пианино, рояля, баяна или другого настроенного музыкального инструмента. Но можно и по сигналам звукового генератора, например типа ЗГ-3, настраивая его на соответствующие частоты. Сначала, нажав кнопку K_1, подбери конденсатор C_1 такой емкости, чтобы звук шкатулки соответствовал тону «до» первой или второй октавы — по твоему усмотрению. Делай это так: впаяй конденсатор емкостью в несколько тысяч пикофарад, а затем подключай параллельно ему другие конденсаторы, добиваясь настройки генератора на частоту звука «до». А когда этого добьешься, замени подобранные конденсаторы одним конденсатором такой же емкости. Проверяя

затем настройку генератора, тебе, вероятно, все же придется подключить параллельно этому конденсатору еще один или два конденсатора.

Далее, нажав кнопку K_2 и точно так же подбирая емкость конденсатора C_2, настрой генератор на звук «до диез», затем, нажав следующую кнопку K_3 и подбирая емкость C_3, настраивай на звук «ре» и т. д. Подбирая конденсаторы последующих фиксированных частот генератора, конденсаторы уже подогнанных частот не трогай. Желаемый тембр звука устанавливай резистором R_1.

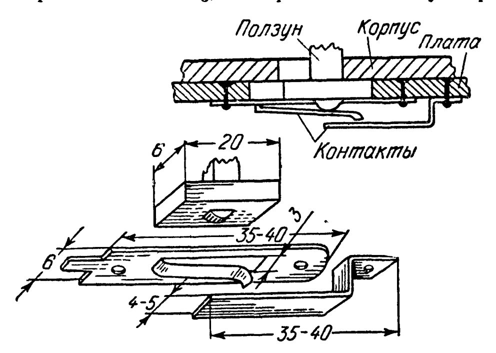


Рис. 389. Выключатель питания.

Не исключено, что одного каскада усиления низкой частоты окажется недостаточно для громкого звучания шкатулки, например из-за малого коэффициента усиления транзистора. В этом случае сделай усилитель низкой частоты двухкаскадным. На монтажной плате места для деталей второго каскада вполне хватит.

На рис. 390 ты видишь схемы некоторых вариантов двухкаскадного усилителя музыкальной шкатулки. Разница между ними заключается в основном только схемами включения транзистора T_2 первого каскада: в первом варианте он включен по схеме общего эмиттера, а во втором — по схе-

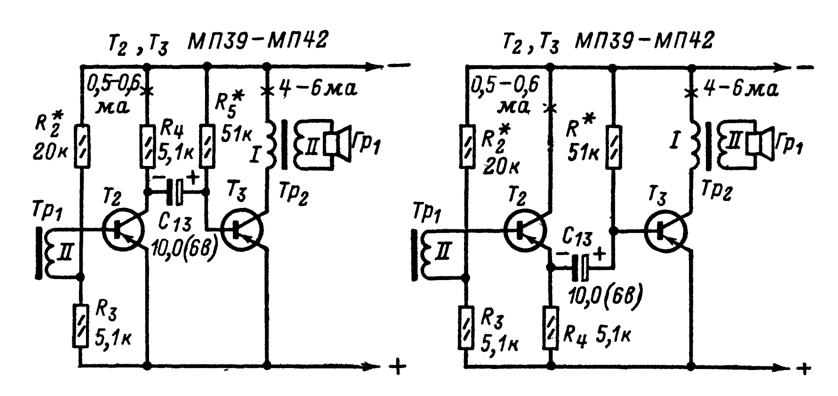


Рис. 390. Схемы возможных усилителей музыкальной шкатулки.

ме общего коллектора (эмиттерный повторитель). Испытай оба варианта и остановись на том из них, который тебя устраивает.

Музыкальная шкатулка может стать твоим подарком младшему брату или сестре, а ты займешься постройкой более сложного музыкального инструмента.

Электронный рояль

Эту одноголосную радиотехническую самоделку предложил начинающим конструкторам электромузыкальных инструментов радиолюбитель Ю. Иванков. Надеюсь, что она понравится тебе.

Общее представление об устройстве этого сравнительно несложного инструмента тебе дает его блок-схема, изображенная на рис. 391. В нем, как и во многих подобных ему одноголосных инструментах, два генератора: генератор тона, частота которого управляется клавиатурой, и генератор вибрато, частота колебаний которого практически постоянна и не превышает нескольких герц. Колебания генератора вибрато модулируют колебания генератора тона, а модулированные колебания усиливаются усилителем низкой частоты и преобразуются громкоговорителем в звуковые колебания.

Благодаря генератору вибрато звук инструмента становится вибрирующим, что делает его более приятным для слуха.

Принципиальная схема электронной части инструмента показана на рис. 392. Генератор тона, в котором работают транзисторы T_3 и T_4, представляет собой разновидность несимметричного мультивибратора, генерирующего колебания пилообразной формы. Полный диапазон частот такого генератора может доходить до четырех октав. Здесь же частота его колебаний изменяется скачкообразно при замыкании клавишных контактов K_1 — K_{17}, включающих в цепь эмиттера транзистора T_3 резисторы R_1 — R_{17}. Эти резисторы, сопротивления которых подбирают опытным путем во время настройки инструмента, образуют частотозадающую цепь генератора тона.

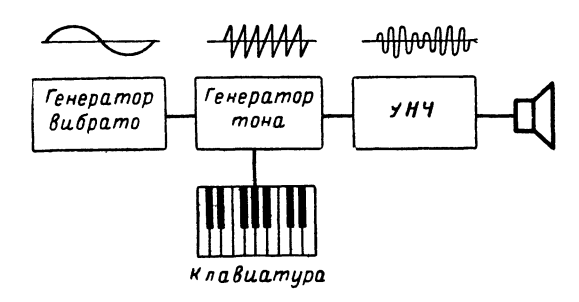


Рис. 391. Блок-схема электронного рояля.

В частотозадающей цепи семнадцать резисторов, значит, на такое же число фиксированных частот может быть настроен и генератор тона. В нашем случае — от частоты звука «до» первой октавы до частоты звука «ми» второй октавы. Поскольку резисторы соединены между собой последовательно, фиксированная частота колебаний генератора определяется теми резисторами, которые включены в эмиттерную цепь транзистора T_3. Если, например, замкнуты контакты K_{16}, то частота генератора определяется только суммарным сопротивлением резисторов R_{16} и R_{17}. При этом замыкание любых других, расположенных слева (по схеме) от уже замкнутых контактов, не изменяет сопротивление частотозадающей цепи и, следовательно, частоты генератора тона.

Колебания генератора тона, снимаемые с эмиттера его транзистора T_3, через конденсатор C_6 подаются в цепь базы транзистора T_5 усилителя низкой частоты.

Конденсатор C_5 и переменный резистор R_{29}, соединенные между собой последовательно и подключенные параллельно конденсатору C_4, образуют цепь, с помощью которой можно осуществлять общую подстройку всех фиксированных частот генератора в пределах полутона.

Чтобы частоты генератора тона были устойчивы и не «плавали» бы с изменениями напряжения источника тока, в цепь питания его транзисторов включен стабилитрон $Д_1$. Он постоянно поддерживает напряжение питания генератора на уровне 7,2 *в*, а избыточное напряжение батареи $Б_1$ гасится резистором R_{31}.

В генераторе вибрато работают транзисторы T_1 и T_2. Как и генератор тона, а их схемы принципиально одинаковы, он также представляет собой несимметрич-

ный мультивибратор, но генерирует колебания частотой 5—7 *гц*. Эта частота задается конденсатором C_1 и резистором R_{21}. Генерируемые им колебания через корректирующую цепь C_2 R_{23}, выключатель $Вк_1$ и фильтр $R_{24}C_3$ подаются к генератору тона и модулируют его колебания. Генератор вибрато может быть отключен от генератора тона выключателем $Вк_1$. В этом случае звуки инструмента будут однотонными, не вибрирующими.

Усилитель низкой частоты инструмента однокаскадный, на транзисторе T_5. Его выходная мощность небольшая — всего 40—50 *мвт*. Но ее вполне достаточно для звучания громкоговорителя 1ГД-18 или аналогичного ему электродинамического громкоговорителя. Тембр звука можно изменять путем подключения конденсатора C_7 тумблером $Вк_2$ параллельно первичной обмотке выходного трансформатора $Тр_1$.

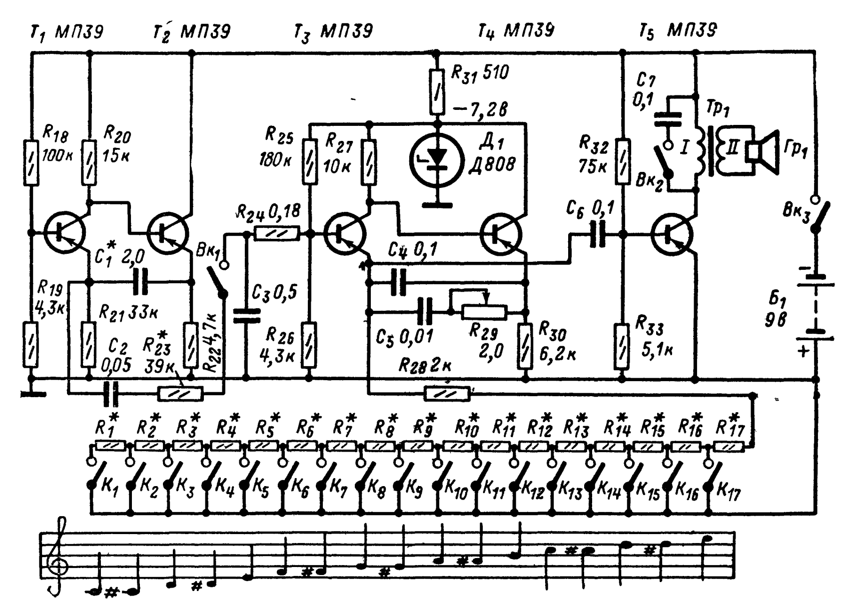


Рис. 392. Принципиальная схема электронного рояля.

Питание инструмента осуществляется от батареи напряжением 9 *в*. Для более продолжительной работы ее целесообразно составить из двух батарей КБС-Л-0,50, обладающих значительно большей емкостью, чем батарея «Крона ВЦ» или 7Д-0,1.

Конструкция и детали. Возможная конструкция инструмента показана на рис. 393. Корпус можно сделать из сухих прямослойных дощечек и фанеры. В передней части корпуса размещена клавиатура, внутри — монтажная плата, громкоговоритель с акустической доской, обтянутой декоративной тканью, и батарея питания. Рядом с батареей — тумблер $Вк_1$ подключения генератора вибрато к генератору тона. Переменный резистор R_{29} общей подстройки фиксированных частот генератора тона и тумблер $Вк_2$ изменения тембра звука инструмента размещены на дне корпуса, под клавиатурой. Резисторы частотозадающей цепи припаяны непосредственно к контактным группам клавиатуры.

Крышка корпуса откидная. При поднятии стойки, удерживающей крышку, замыкаются контакты выключателя питания $Вк_3$. Устройство этого выключателя показано на рис. 394. Контактами выключателя служат пружинные контакты от

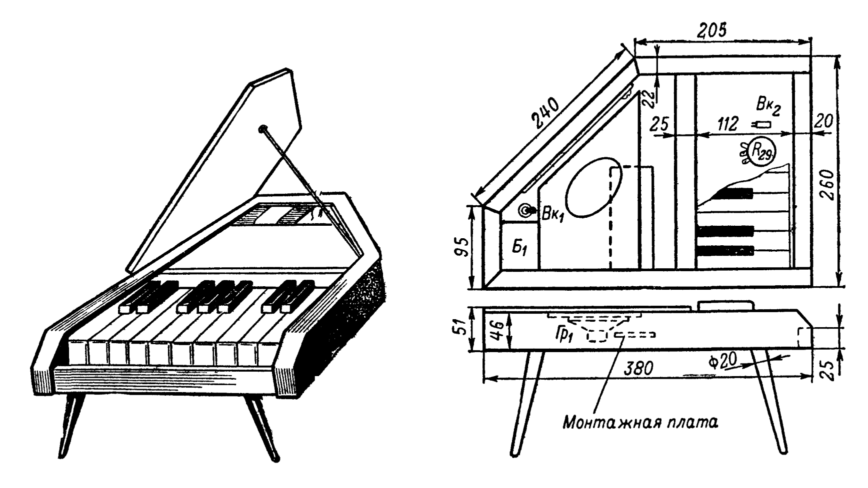


Рис. 393. Конструкция электронного рояля.

электромагнитных реле. При поднятии стойки она, поворачиваясь вокруг ее винта на угол 90°, своим выступом на коротком конце надавливает на контакты и замыкает их. Поднятая стойка длинным концом упирается в углубление в откидной крышке инструмента. Зазор между разомкнутыми контактами выключателя регулируют медной пластинкой, имеющейся между контактными пружинами.

Конструкция клавиатуры может быть произвольной. Однако желательно, чтобы размеры клавиш соответствовали стандартным, например клавиатуры аккордеона. Свободный ход белых клавиш должен быть около 8 *мм*, ход черных клавиш — около 6 *мм*, зазор между клавишами в пределах 0,8—1 *мм*.

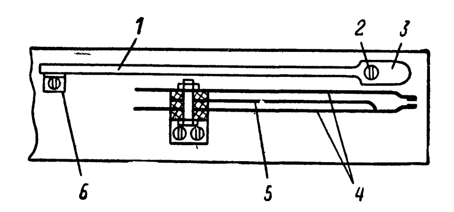


Рис. 394. Устройство выключателя питания.

1 — стойка; *2* — винт опоры стойки; *3* — выступ стойки; *4* — контактные пружины; *5* — регулировочная пластина; *6* — опорная скоба стойки.

Клавиатура описываемого здесь рояля изготовлена из электротехнического картона толщиной 1—1,5 *мм* (рис. 395). Можно также использовать для клавиатуры склеенный в два-три слоя более тонкий глянцевый картон (некоторые папки для бумаг). Прорези в картоне, образующие клавиши, делай остроотточенным ножом по металлической линейке. Чтобы клавишам придать жесткость, приклей снизу клеем БФ-2 вырезанные по клавишам фанерные пластинки. Суши их под грузом, например под утюгом, нагретым до температуры 40—50°. А чтобы детали не приклеились к утюгу, проложи между ними два-три слоя писчей бумаги.

Готовые клавиши окрась черной и белой нитроэмалевой краской.

Для удержания клавиш на одном уровне к каждой из них прикрепи снизу шнурок, натяжение которого будешь регулировать отгибанием гвоздя, вбитого в общую рейку всей клавиатуры.

Контактные пружинные клавиатуры должны быть отрегулированы так, чтобы усилие, необходимое для нажатия клавиш, было одинаково для всех клавиш, т. е., как говорят, чтобы не было «тугих» и «слабых» клавиш. Для бесшумной

работы клавиатуры в местах соприкосновения нижних выступов белых клавиш приклей полоски из бархата (или сукна), а на фанерные пластинки в местах соприкосновения подвижных контактов — полоски из замши (или сукна).

Детали электронной части инструмента монтируют на плате (рис. 396) из листового гетинакса или стеклотекстолита толщиной 1,5—2 *мм*. После настройки инструмента монтажную плату можно будет укрепить с помощью стоек на дне корпуса или акустической доске громкоговорителя. Для соединения монтажной платы с другими деталями инструмента можешь использовать любые монтажные провода с надежным изоляционным покрытием.

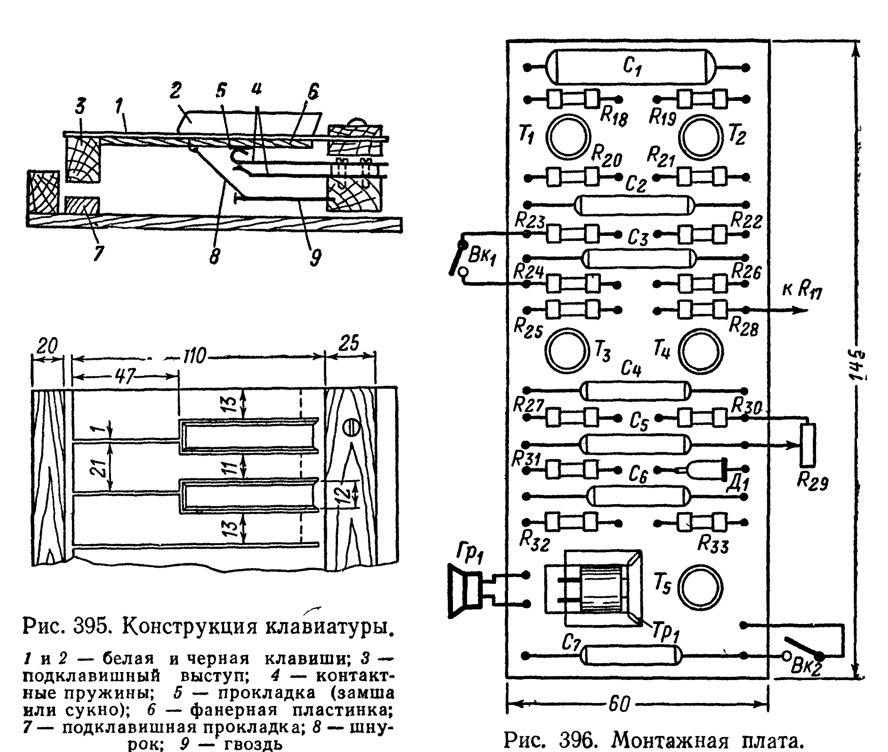


Рис. 395. Конструкция клавиатуры.

1 и *2* — белая и черная клавиши; *3* — подклавишный выступ; *4* — контактные пружины; *5* — прокладка (замша или сукно); *6* — фанерная пластинка; *7* — подклавишная прокладка; *8* — шнурок; *9* — гвоздь

Рис. 396. Монтажная плата.

Настройка инструмента заключается в точном подборе сопротивлений резисторов R_1 — R_{17} частотозадающей цепи. Генератор вибрато при этом должен быть отключен от генератора тона.

Сначала подбери резистор R_{17}. Вместо него временно включи переменный резистор на 5—10 *ком*, а между его движком и контактами K_{17} — постоянный резистор сопротивлением 1—1,5 *ком*. Изменяя сопротивление переменного резистора, устанавливай на слух по «эталонному» музыкальному инструменту (рояль, пианино, аккордеон) частоту колебаний задающего генератора, соответствующую звуку «ми» второй октавы. Совпадение частот генератора и музыкального инструмента определяют по отсутствию биений. Затем омметром измерь сопротивление временно включенной цепочки резисторов и вместо них впаяй в частотозадающую цепь постоянный резистор такого же сопротивления. Если номинала такого резистора нет, то необходимое сопротивление можно составить из двух-трех последовательно или параллельно соединенных резисторов.

Далее точно так же подбирай сопротивление резистора R_{16} (клавиша «ре диез» второй октавы), а затем последовательно сопротивления резисторов R_{15} — R_1.

После этого приступают к регулировке генератора вибрато. Она заключается в получении частоты 5—7 *гц*, что достигается подбором емкости конденсатора C_1. К сожалению, на колебания такой частоты наш слух не реагирует. Поэтому чтобы настроить этот генератор на такую частоту, придется прибегнуть к осциллографу или делать это по вибрации звуков, издаваемых инструментом.

Амплитуду выходного напряжения этого генератора, от которой зависит глубина вибрации звука, подбирают изменением сопротивления резистора R_{23}. Если амплитуду вибрации нужно увеличить, то сопротивление этого резистора уменьшай, и наоборот.

В генераторе вибрато амплитуда вибрации возрастает с высотой звука. Поэтому настройку генератора вибрато по амплитуде следует производить при нажатии верхних клавиш инструмента.

Описание многоголосных электромузыкальных инструментов не входит в содержание нашей беседы. А если они тебя заинтересуют, то придется обратиться к соответствующей литературе.

Электрогитара

К числу электромузыкальных относятся и так называемые адаптеризованные музыкальные инструменты.

Слушая выступления эстрадного оркестра, ты, вероятно, обращал внимание на то, что звуки гитары идут не от нее, а от ее усилителя. Это и есть адаптеризованная гитара. Адаптеризованными могут быть любые другие струнные инструменты. Но гитара дает лучший звуковой эффект.

Адаптер — это звукосниматель, электрический датчик. С помощью его звуковые колебания струн или резонатора инструмента преобразуются в электрические колебания той же частоты, которые после усиления преобразуются громкоговорителем в звуковые колебания воздуха. Адаптеризация не только повышает громкость музыкальных инструментов, но и придает их звучанию новые музыкальные оттенки.

Таким датчиком может быть, например, электромагнитная система головного телефона типа ТОН-1 или ТОН-2, если его мембрану скрепить с резонирующей декой гитары (рис. 397). Колеблясь вместе с декой, мембрана изменяет состояние поля постоянного магнита, что возбуждает в катушке электромагнитной системы телефона э. д. с. звуковой частоты. Эта э. д. с. после усиления будет преобразована в звук.

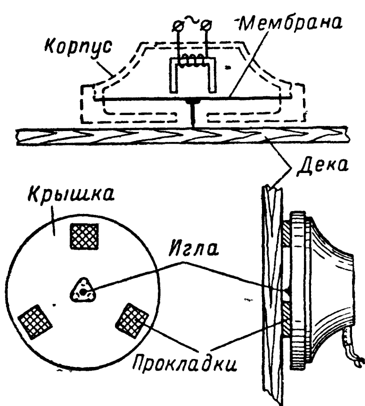


Рис. 397. Схема и практическое применение телефона в качестве звукоснимателя электрогитары.

Попробуй проверить работу такого звукоснимателя на гитаре. В крышке телефона между отверстиями в ней для прохода звуковых волн сделай лобзиком пропилы, а края получившегося треугольного отверстия выровняй надфилем. К наружной стороне крышки клеем БФ-2 или нитролаком приклей три фетровые или суконные прокладки толщиной 2—3 *мм*. Эти прокладки будут выполнять роль амортизаторов между декой гитары и корпусом телефона. А чтобы они имели возможно гладкие поверхности, плотно прилегающие к деке инструмента, суши их после нанесения клея под теплым утюгом.

Теперь точно в центре мембраны надо припаять иглу — отрезок проволоки толщиной 1—1,5 *мм* и такой длины, чтобы его внешний заостренный конец выступал над поверхностью прокладок-амортизаторов на 3—4 *мм*. Делай это осторожно, чтобы не деформировать мембрану.

Готовый звукосниматель прикрепи к деке гитары липкой бумагой или изоляционной лентой с таким расчетом, чтобы острие иглы лишь слегка упиралось в деку. При этом мембрана ни в коем случае не должна сильно прогибаться. Иначе она станет касаться полюсных наконечников магнита и звук будет искаженным.

Звукосниматель соединяй с усилителем низкой частоты экранированным проводом, а его экран «заземли».

Во время игры на электрогитаре попробуй звукосниматель перемещать по поверхности деки, чтобы найти ему такое место, где звучание музыки будет наиболее приятным.

Наиболее существенный недостаток такого электромузыкального инструмента заключается в том, что звукосниматель преобразует в электрический сигнал не колебания самых струн, а резонирующей деки. Стоит случайно задеть или слегка ударить по деке, и звукосниматель преобразует создающиеся при этом колебания деки в электрический сигнал-помеху. Этого недостатка нет в электрогитарах, где на звукосниматель воздействуют непосредственно струны.

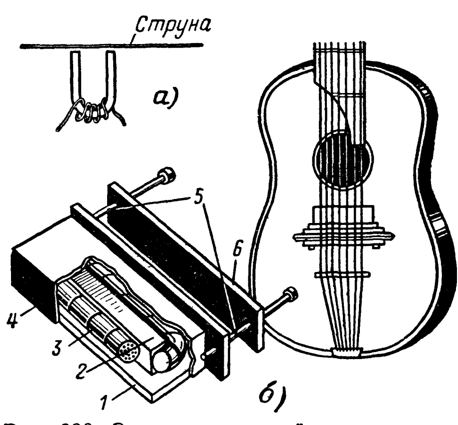


Рис. 398. Электромагнитный звукосниматель для гитары.

Схему одного из таких датчиков — звукоснимателей ты видишь на рис. 398, *а*. Возле полюсов постоянного магнита, на котором намотана катушка, расположена стальная струна. Подчеркиваем: с т а л ь н а я, т. е. ферромагнитная, ибо она должна сгущать силовые линии поля магнита между его полюсами. Колебания струны изменяют состояние поля магнита, и в катушке индуцируется э. д. с. низкой частоты. Если возле полюсов магнита колеблются все струны гитары, то все они будут наводить в катушке электрические сигналы звуковой частоты.

А вот одна из возможных конструкций такого звукоснимателя (рис. 398, *б*). Его электромагнитная система состоит из Г-образного основания *1* и намагниченного сердечника *2* прямоугольного сечения с насаженной на него катушкой *3*. Сердечник и основание образуют U-образный магнит с полюсами на обращенных кверху гранях. Звукосниматель, закрытый экранирующим кожухом *4*, с помощью винтов *5* и планки *6* крепят под струнами на их нижней подставке. Через выводные контакты катушку электромагнитной системы соединяют с входом усилителя низкой частоты экранированным проводом.

Размеры звукоснимателя и его деталей я не указываю, так как они зависят от конкретной конструкции гитары. Важно лишь, чтобы длина сердечника магнитной системы была не меньше расстояния между крайними струнами, а верхние грани магнита находились в 3—4 *мм* от струны.

Для основания и крепежной планки (*6*) используй мягкую листовую сталь толщиной 2—2,5 *мм*. Сердечник представляет собой брусок из магнитного сплава или твердой углеродистой стали. Его можно изготовить из куска плоского напильника, особо тщательно обрабатывая нижнюю грань, которой он плотно будет прилегать к основанию. Приклей сердечник к основанию клеем БФ-2, а затем намагнить его, поместив внутрь катушки, через которую идет постоянный ток.

Катушка электромагнитной системы должна содержать примерно 3 000 витков провода ПЭЛ 0,08—0,1. Ее надо намотать на подходящей болванке со съемными щечками, обмотать лентой из лакоткани или эластичной изоляционной лентой и плотно насадить на сердечник. Для соединения катушки с выходными гнездами звукоснимателя используй тонкий многожильный монтажный провод.

Картонный или из тонкой пластмассы кожух оклей изнутри тремя — пятью слоями медной или латунной фольги. Они будут электростатическим экраном катушки, поэтому их следует соединить кусочками тонкого провода с основанием.

Звукосниматель готов. Укрепи его на гитаре и испытай в работе.

Предлагаю еще одну конструкцию электромагнитного звукоснимателя *, в котором роль магнитов выполняют намагниченные струны гитары (рис. 399). Для такого звукоснимателя потребуются семь (по числу струн) ферритовых колец марки 1000НМ с наружным диаметром 10 и внутренним 6 *мм*. Кольца аккуратно разломи на половинки. Закрепи на них проволочные выводы, а затем на полукольца намотай до заполнения провод марки ПЭВ. В том месте, где кольца раскололись наиболее ровно, склей полукольца клеем БФ-2, а обмотки на них соедини последовательно. У тебя получатся звукоснимающие головки. Для обмоток головок первой и второй струн надо использовать провод ПЭВ 0,13, для головок остальных струн — ПЭВ 0,1.

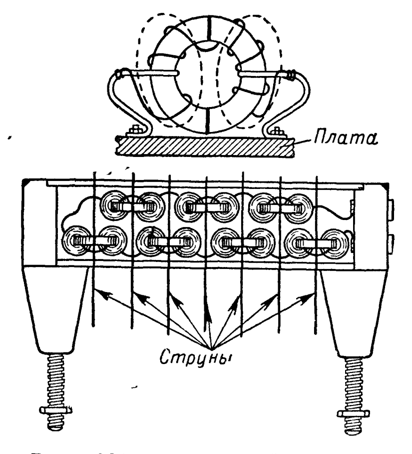


Рис. 399. Ферритовый звукосниматель.

Головки смонтируй на штырьках или пустотелых заклепках, запрессованных в гетинаксовую плату, располагая головки так, как показано на рис. 399. Обмотки всех головок соедини последовательно. К гетинаксовому основанию приклей два боковых бруска из органического стекла и две боковые щечки, вырезанные из любого изоляционного материала. В отверстия в торцах боковых брусков вверни шпильки, с помощью которых звукосниматель будешь крепить к стойке струн гитары. Выводами звукоснимателя могут быть штепсельные гнезда, запрессованные в один из боковых брусков, или зажимы.

Крепить звукосниматель на гитаре надо с таким расчетом, чтобы он средней продольной линией был удален от задней стойки струн на 30 *мм*, а зазоры ферритовых головок — на 1,5—2 *мм* от струн.

Прежде чем играть на такой электрогитаре, участки ее струн против зазоров ферритовых головок надо намагнитить небольшим магнитом, поднося его к каждой струне на расстояние 1,5—2 *мм*. При этом полюса магнита должны чередоваться от струны к струне. Колеблясь над рабочими зазорами ферритовых головок, намагниченные струны возбуждают в их обмотках переменную э. д. с., которая и подается к усилителю низкой частоты.

Свободное пространство между боковыми брусками и щечками хорошо залить смолой, а еще лучше — эпоксидным клеем. Это защитит головки от возможных механических повреждений и придаст звукоснимателю прочность.

Остается ответить на вопрос, который ты давно хотел задать: какой усилитель можно использовать для электромузыки? Любой усилитель низкой частоты с входом, рассчитанным на граммофонный звукосниматель, и выходной мощностью от полуватта и больше.

На этом я заканчиваю беседу, посвященную электромузыкальным инструментам.

---

* Конструкция заимствована из сборника «В помощь радиолюбителю», вып. № 32, изд-во ДОСААФ, 1969.

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ВТОРАЯ

Первые шаги «лисолова»

В этой беседе речь пойдет об «Охоте на лис». Ты тоже можешь стать «лисоловом», чтобы, как и многие твои сверстники, принимать участие в этом увлекательном виде радиоспортивных соревнований.

Что такое «лиса»?

«Лисами» называют маломощные радиопередатчики, которые размещают в лесу, в кустарнике, на полянах и тщательно маскируют. Каждую «лису» маскируют так, чтобы «охотник» мог увидеть ее с расстояния не более трех — пяти метров. Вместе с передатчиками маскируют операторов «лис» и судей соревнований. В зависимости от условий соревнований, число «лис» на местности может быть от двух до пяти, а вся трасса поиска «лис» достигать нескольких километров.

Каждой «лисе» присваивается номер: первый, второй и т. д. Операторы «лис» поочередно, точно по минуте, ведут передачи: «Я лиса первая, я лиса первая»; «Я лиса вторая, я лиса вторая»... Кончает работать последняя «лиса», тут же начинает передачу первая «лиса». Все «лисы» работают на одном из радиолюбительских диапазонов: 80-метровом (3,5—3,65 *Мгц*), 10-метровом (28—29,7 *Мгц*) или 2-метровом (144—146 *Мгц*) диапазонах. Для молодых «лисоловов» наиболее доступен 80-метровый диапазон.

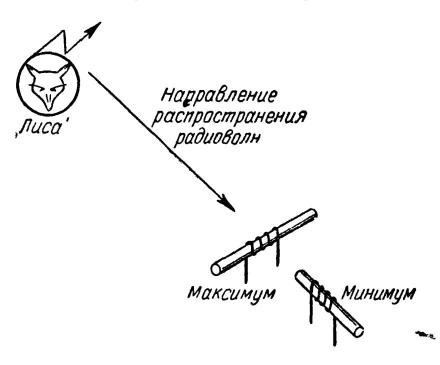


Рис. 400. Магнитная антенна обладает направленными свойствами.

Оружием «лисолова» служит радиоприемник, настроенный на рабочие частоты «лис». Пользуясь им как пеленгатором, «охотник» должен найти всех «лис» и, руководствуясь сигналами приводной «лисы», вернуться в район старта, являющийся одновременно и финишем. Выигрывает тот «охотник», который выполнит эту задачу с наименьшей затратой времени.

Ты уже знаешь, что громкость приема сигналов радиовещательной станции на транзисторный приемник зависит от положения ферритового стержня его магнитной антенны по отношению к радиостанции. Поворачивая приемник вокруг вертикальной оси, нетрудно найти два положения стержня магнитной антенны, когда громкость приема максимальная, и два положения, когда громкость приема минимальная. Объясняется это тем, что магнитная антенна обладает направленными свойствами (рис. 400). Громкость приема будет максимальной, когда ось стержня, а значит, и ось намотанной на нем катушки входного контура, перпендикулярна направлению прихода радиоволн. Когда же ось магнитной антенны

расположена в направлении на радиостанцию, громкость приема будет минимальной.

Рассмотри хорошенько рис. 401. На нем графически изображена диаграмма направленности магнитной антенны с ферритовым стержнем. Она имеет вид цифры «8». Лепестки «восьмерки» антенны соответствуют максимуму, а участки между ними — минимуму громкости приема. Антенна с такой диаграммой направленности имеет два симметричных максимума и два, тоже симметричных, минимума. Определять направление на «лису» лучше по минимумам, так как их диаграммы направленности значительно уже лепестков максимумов. Делают это так. Приемник, настроенный на «лису», поворачивают вокруг вертикальной оси до получения четко выраженного минимума громкости. При этом прямая, проходящая через ось магнитной антенны, укажет направление на «лису». Но чтобы «лисолов» знал, с какой стороны от него на этой прямой находится «лиса», антенна приемника должна иметь одностороннюю диаграмму направленности.

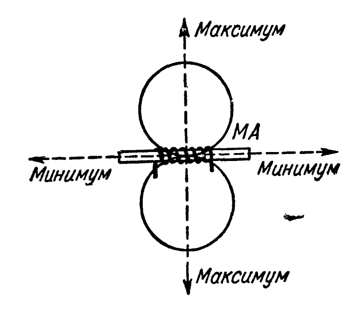


Рис. 401. Диаграмма направленности магнитной антенны.

Такую диаграмму можно получить, если применить в приемнике комбинацию из двух антенн: магнитной и штыревой (рис. 402). Штыревая антенна имеет круговую диаграмму направленности, и если она определенным образом подключена к магнитной антенне, то результирующая диаграмма направленности обеих антенн будет иметь один максимум и один минимум. Кривую диаграмму, имеющую такой вид, называют **кардиоидой**.

Во время поиска «лисы» «охотник» пользуется обеими антеннами. По максимуму кардиоиды, когда действуют обе антенны, он находит сторону, где находится «лиса». Точное же направление на «лису» он определяет по минимуму магнитной антенны.

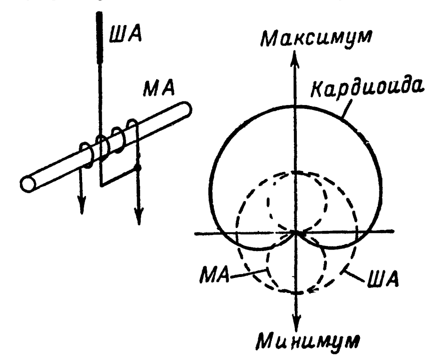


Рис. 402. Магнитная и штыревая антенны обладают односторонней направленностью.

Для поиска «лисы» можно также пользоваться рамочной антенной — катушкой сравнительно больших размеров, имеющей форму кольца или прямоугольной рамки. Это тоже магнитная антенна, так как в ней э. д. с. высокочастотного сигнала возбуждается магнитным полем радиоволны. Она имеет точно такую же диаграмму направленности, как и магнитная антенна с ферритовым стержнем. Максимум такой антенны бывает тогда, когда плоскость рамки находится в вертикальном положении и совпадает с направлением на «лису», а минимум — когда плоскость рамки перпендикулярна к направлению на «лису». При подключении к ней штыревой антенны их диаграмма направленности принимает вид кардиоиды.

У рамочной антенны минимум ощущается значительно острее, чем у магнитной антенны с ферритовым стержнем. Она к тому же более чувствительна. Именно поэтому многие «лисоловы» применяют в своих приемниках рамочные антенны. Советую и тебе последовать их примеру.

Но приемник-пеленгатор в руках «лисолова» не является гарантией успеха в соревнованиях. «Охотник» должен еще хорошо ориентироваться на местности, пользоваться компасом, ходить по азимуту и, конечно, быть выносливым — ведь он должен за короткое время пробежать значительное расстояние, преодолевая на пути различные препятствия. Нужна тренировка.

Можно ли начать тренировку без «лисы»? Можно! Для этого нужен р а д и о к о м п а с — простой приемник с магнитной антенной, с помощью которого можно брать ориентир на местную радиовещательную станцию. Сигналы этой станции будут выполнять роль «лисы».

Принципиальная схема и примерная конструкция такого радиокомпаса показаны на рис. 403. Это по существу детекторный приемник с трехкаскадным усилителем низкой частоты. Он, правда, не отвечает на вопрос, с какой стороны от него находится условная «лиса», но это, как ты увидишь позже, для тренировки по ориентации на местности значения не имеет. Для питания приемника нужна одна батарея типа КБС-Л-0,5. Ток, потребляемый им от батареи, не превышает 5—10 *ма*.

Входной резонансный колебательный контур, настроенный на волну местной радиовещательной станции, образуют катушка L_1 рамочной антенны A_p, включаемая по автотрансформаторной схеме, и подстроечный конденсатор C_1. Модулированные колебания высокой частоты, возбужденные в этом контуре, детектируются диодом $Д_1$. Резистор R_1, заблокированный конденсатором C_2, является нагрузкой детектора. Колебания звуковой частоты, создающиеся на нем, через конденсатор связи C_3 поступают на вход усилителя низкой частоты и усиливаются всеми его каскадами. Нагрузкой усилителя служат головные низкоомные телефоны $Тлф_1$, включенные в цепь коллектора транзистора T_3 выходного каскада.

Все транзисторы включены по схеме с общим эмиттером. Нагрузкой транзистора T_1 первого каскада усилителя служит резистор R_3, нагрузкой транзистора T_2 второго каскада — резистор R_5. Отрицательные напряжения смещения на базы транзисторов подаются через соответствующие им резисторы R_2, R_4 и R_6. Электролитические конденсаторы C_4 и C_5 — конденсаторы связи между каскадами. Конденсатор C_6, показанный на схеме пунктиром, включается в том случае, если приемник будет склонен к самовозбуждению.

В усилителе могут быть использованы любые низкочастотные маломощные транзисторы с коэффициентом усиления $B_{ст}$ от 20 и больше. Детектор $Д_1$ — любой точечный диод. Конденсатор C_1 — типа КПК-1, C_4 и C_5 — типа ЭМ или К50-3, К50-6. Остальные конденсаторы, а также резисторы и выключатель питания могут быть любыми, но, желательно, малогабаритными.

Детали приемника монтируй на плате из листового гетинакса, текстолита или, в крайнем случае, из сухой фанеры толщиной 2—3 *мм*. Монтажными стойками могут служить кусочки медной проволоки, вбитые в отверстия в плате. Детали размещай с одной стороны платы, а соединение их между собой делай с другой стороны платы. Весь монтаж должен быть жестким, прочным, иначе приемник может подвести.

Размеры монтажной платы (примерно 70 × 100 *мм*), определяются главным образом габаритами батареи питания (65 × 65 *мм*), которая размещается между платой и фанерной пластинкой таких же размеров. Плату и пластинку, удерживающие между собой батарею, скрепи болтиками или шпильками с гайками.

Рамочная антенна представляет собой крестовину из двух сосновых реек или фанерных планок шириной 20—25 и длиной по 700—750 *мм*, на которую намотана контурная катушка L_1. Число витков катушки зависит от длины волны радиостанции. Например, для настройки на радиостанцию «Маяк», работающую в средневолновом диапазоне, при сторонах рамки в 500 *мм* в катушке может быть 20—25 витков. Для радиостанций длинноволнового диапазона число витков катушки надо будет увеличить до 40—45. Более точно число витков в ней установишь опытным путем при настройке приемника.

Для катушки рамочной антенны используй медный провод диаметром 0,6—0,8 *мм* с любым изоляционным покрытием. Отвод сделай от 2—3-го витка, считая от «заземленного» конца катушки. Концы и отвод припаяй к контактным лепесткам, укрепленным на крестовине, через которые катушка будет соединяться с монтажной платой приемника.

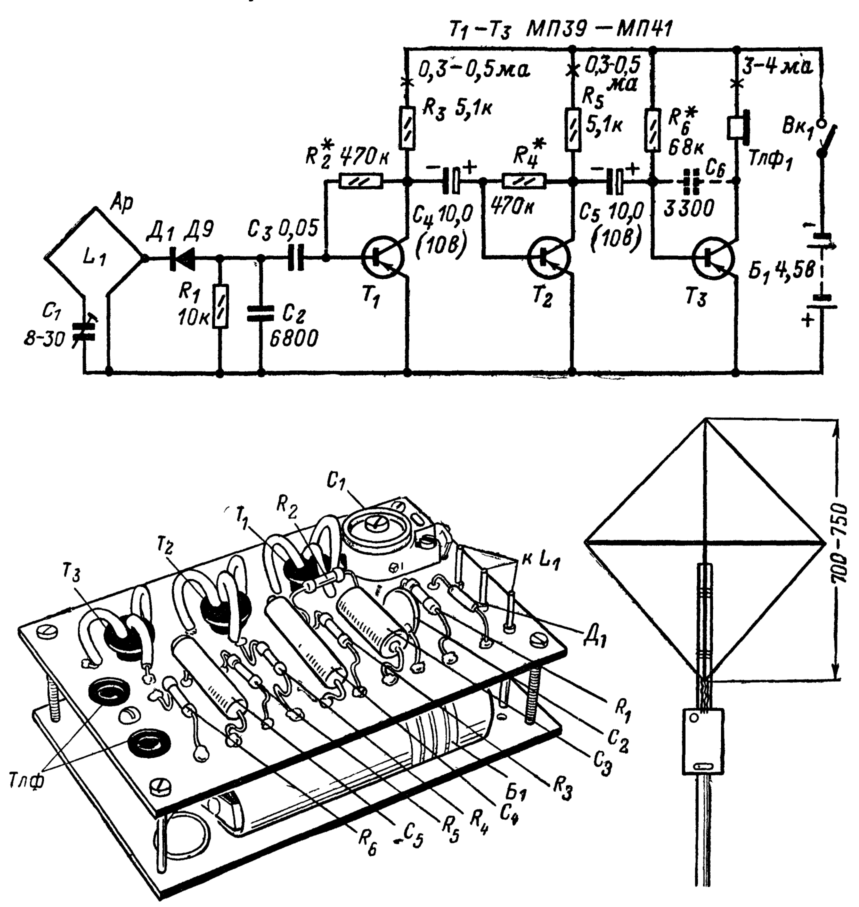


Рис. 403. Принципиальная схема и конструкция радиокомпаса.

Если для приемника используешь предварительно проверенные детали, а монтаж выполнишь точно по принципиальной схеме, то потребуется только проверить режим работы транзисторов и настроить рамочную антенну.

Токи покоя коллекторных цепей транзисторов первого и второго каскадов усилителя должны быть в пределах 0,3—0,5 *ма*, а третьего каскада — не более 5 *ма*. Эти значения коллекторных токов устанавливай путем подбора сопротивлений базовых резисторов R_2, R_4, и R_6.

Нормальным режим работы транзисторов можно также считать, если на коллекторах транзисторов T_1 и T_2 будет около 2 *в*, т. е. примерно половина напряжения батареи питания, а на коллекторе транзистора T_3 — 3 ÷ 3,5 *в*.

Ко входу усилителя можешь подключить звукосниматель и проиграть грампластинку. Если усилитель исправен, головные телефоны должны звучать громко и не искажать звук. Так ты проверишь качество работы низкочастотной части приемника.

После этого можно подключить рамочную антенну и, поворачивая ее вокруг вертикальной оси и вращая отверткой ротор подстроечного конденсатора C_1, попытаться настроить приемник на местную радиостанцию. Контроль настройки осуществляется с помощью радиовещательного приемника. В случае неудачи параллельно подстроечному конденсатору можно подключить конденсатор переменной емкости с максимальной емкостью 400—450 *пф* и уже с помощью его настроить контур приемника на частоту радиостанции. По положению роторных

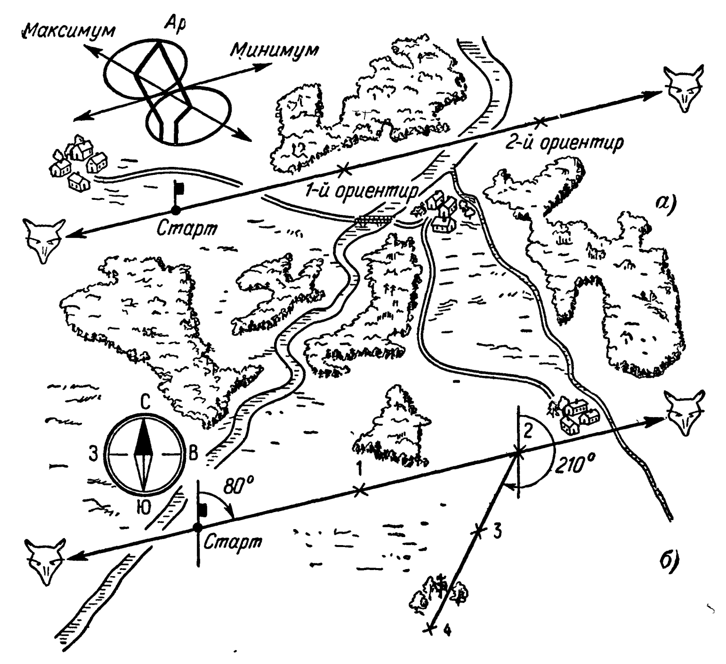


Рис. 404. Схемы тренировочных трасс.

пластин этого конденсатора нетрудно будет определить, на сколько надо увеличить индуктивность рамочной антенны, чтобы настройка на радиостанцию получилась при средней емкости подстроечного конденсатора.

Если, наоборот, индуктивность антенны окажется большой (настройка не получается при наименьшей емкости конденсатора), число витков катушки придется уменьшить, проверяя настройку приемника после каждого снятого с рамки витка.

Изменять индуктивность рамочной антенны в небольших пределах можно путем раздвижения или сближения ее витков. В первом случае индуктивность будет уменьшаться, во втором — увеличиваться.

Монтажную плату приемника помести в подходящий футляр или закрой ее коробкой с отверстиями против подстроечного конденсатора и гнезд для включения головных телефонов.

Теперь можно приступить к тренировкам. Возьми приемник, отвертку и отправляйся в лес или в парк. Включи приемник и подстрой его поточнее на час-

тоту местной станции. Вращая рамку вокруг вертикальной оси, ты без труда «нащупаешь» два максимума и два минимума «восьмерки» антенны, причем минимум будет ощущаться острее: стоит немного изменить положение рамки, как громкость приема возрастет. Максимум же будет более «расплывчатым». По положению плоскости рамки ты можешь мысленно провести проходящую через приемник прямую, на которой находится радиостанция (рис. 404, *а*). Засеки на этой прямой какой-либо ориентир — отдаленное от тебя дерево, куст или иной предмет. Заметь любым способом то место, где ты сейчас стоишь и беги к ориентиру. Возле него уточни по приемнику намеченное тобой направление, наметь следующий ориентир и тоже беги к нему. Повернись здесь на 180° и, засекая по минимуму сигналов станции другие ориентиры в обратном направлении, постарайся прибежать к исходной точке — к старту. Чем больше будет расстояние от старта до конечного ориентира, тем сложнее задача.

На рис. 404, *б* показана схема более сложной трассы. В этом случае для тренировки потребуется, кроме приемника-пеленгатора, еще и компас.

В исходной точке, пользуясь приемником и компасом, определи азимут условной «лисы», т. е. угол между направлением на север и направлением на «лису». Допустим, что азимут 80°. Наметь в этом направлении ориентир и, считая пары шагов, иди к нему. Проверив здесь по приемнику и компасу намеченное направление, засекай следующий ориентир и иди к нему, продолжая считать пары шагов. Допустим, что до него получилось 320 пар шагов. Отсюда иди в другом направлении, например, по азимуту 210°. Пройдя в этом направлении несколько сотен пар шагов, повернись на 180° и, опять-таки по приемнику и компасу, иди, считая шаги, обратно к старту. Очевидно, что теперь азимут на поворот (на рис. 404, *б* — точка *2*) будет 60°, а от поворота к старту — 260°. Чем тщательнее будут определены направления и отсчитаны пары шагов, тем точнее будет выход к исходной точке.

Ты можешь сам заранее придумать и начертить схему тренировочной трассы с несколькими поворотами, задаться какими-то расстояниями между намеченными точками и идти по ней туда и обратно. Чем сложнее трасса, тем интереснее задача, тем богаче опыт ориентации на местности. Опыт этот нужен для «Охоты на лис».

Лучше, конечно, такой тренировкой заниматься компанией в несколько человек. Можно даже устроить соревнования — кто точнее берет пеленг и ходит по азимуту!

Что же касается участия в настоящих соревнованиях по «Охоте на лис», то для этого нужен соответствующий приемник.

Приемник «лисолова»

Я расскажу тебе о двух приемниках, рассчитанных для «Охоты на лис» в диапазоне 3,5 *Мгц*. Оба они — приемники прямого усиления, но разной сложности и чувствительности. Сначала ты можешь построить приемник попроще, а затем, овладев им, на его же основе сконструировать более сложный приемник.

Первый приемник, схему которого ты видишь на рис. 405, разработал для начинающих радиоспортсменов многократный чемпион страны и международных соревнований по «Охоте на лис», мастер спорта А. Гречихин. Как и радиокомпас, это приемник 0-V-3, но у него на входе две антенны: рамочная *Ар* и штыревая *Аш*. Переключатель $П_1$ служит для подключения штыревой антенны к рамочной антенне при определении направления на «лису». В этом случае диаграмма направленности антенн имеет вид кардиоиды. Во время поиска «лисы» только на рамочную антенну отключенная от нее штыревая антенна «заземляется». Дроссель $Др_1$ и резистор R_1 нужны для согласования антенны-штыря с рамочной антенной.

Во входной контур L_1C_2, подстраиваемый на частоту «лисы» конденсатором C_2, включен контур L_2C_1. Это фильтр-пробка, запирающая сигналы близкой по частоте мешающей радиовещательной станции. Данные его зависят от длины волны

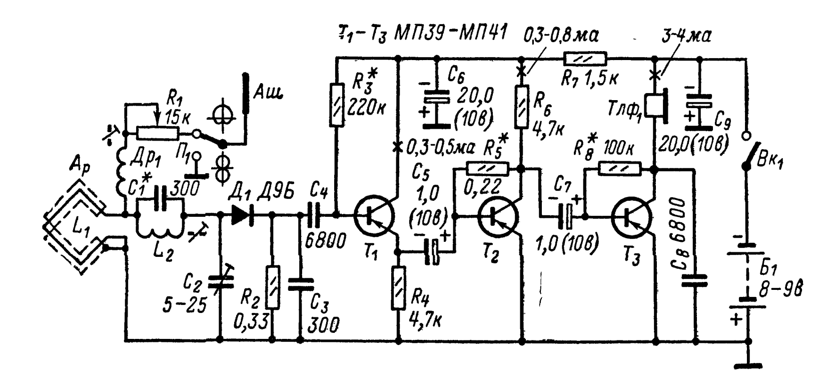


Рис. 405. Принципиальная схема приемника начинающего «лисолова».

мешающей станции. Если в месте проведения соревнования такой помехи нет, контур L_2C_1 можно исключить или закоротить.

Высокочастотный сигнал «лисы» детектируется диодом $Д_1$. Напряжение звуковой частоты, создающееся на нагрузочном резисторе R_2 детектора, через конденсатор C_4 подается на базу транзистора T_1 первого каскада усиления низкой частоты. Этот транзистор включен по схеме общего коллектора, что сделано для лучшего согласования с детектором. Нагрузкой транзистора T_1 служит резистор R_4. С него низкочастотный сигнал через конденсатор C_5 поступает к транзистору T_2 второго каскада усиления низкой частоты, а с его нагрузочного резистора R_6 — к транзистору T_3 выходного каскада.

Резистор R_7 и конденсатор C_6 образуют ячейку развязывающего фильтра, предотвращающего самовозбуждение приемника через общие цепи питания; R_3, R_5 и R_8 — резисторы цепей смещения; C_9 — конденсатор, блокирующий источник питания $Б_1$.

Сопротивления постоянных резисторов и емкости конденсаторов могут отличаться от указанных на схеме номиналов в пределах до 25—30%. Конденсатор C_4 не должен иметь емкость более 0,01 *мкф*, иначе будет затруднен поиск «лисы» в непосредственной близости к ней.

Коэффициент усиления $B_{ст}$ транзисторов не менее 30—40. Дроссель $Др_1$ намотан на унифицированном каркасе с ферритовыми кольцами внешним диаметром 8 *мм* и содержит 70—80 витков провода ПЭЛ 0,1—0,2. Резистор R_1 типа СПО-0,5. Переключатель $П_1$ и выключатель питания $Вк_1$ — тумблера типа ТВ1-2.

Рис. 406. Устройство рамочной антенны.

Наиболее трудоемкая деталь приемника — это рамочная антенна (L_1). Она состоит из 6 витков одножильного монтажного или телефонного провода с токонесущей жилой диаметром 0,5—0,8 *мм*, уложенных в полость незамкнутого металлического кольца диаметром 260—280 *мм* (рис. 406). Для кольца, являющегося экраном антенны, можно использовать медную или алюминиевую трубку диаметром 8—12 и длиной 940—950 *мм*, согнув ее на подходящей болванке, например на ведре. В средней части проделай напильником овальное отверстие, через которое будешь крепить трубку к корпусу приемника и укладывать в нее провод антенны. Намотку рамки надо делать после установки кольца на место.

Штыревой антенной может служить дюралюминиевая, медная или латунная трубка диаметром 5—7 и длиной 600—800 *мм*. В крайнем случае ее можно сделать из велосипедных спиц.

Конструкция и внешний вид приемника показаны на рис. 407. Корпус, имеющий вид коробки с крышкой, сделай из листового дюралюминия, следя за тем,

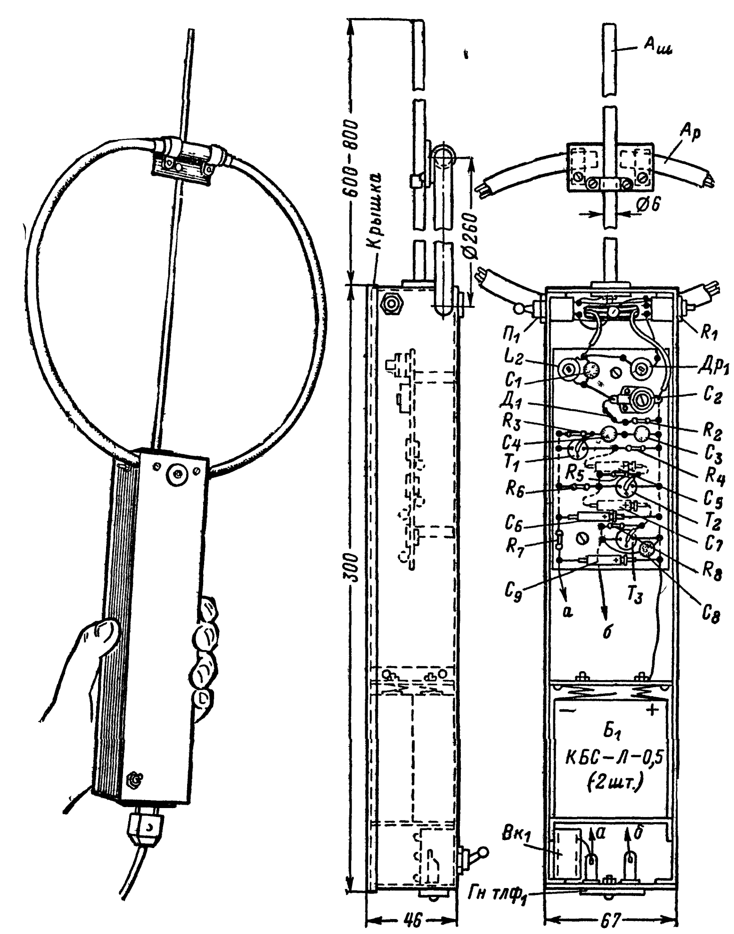


Рис. 407. Внешний вид и конструкция приемника.

чтобы в нем не было щелей. Трубку рамочной антенны пропусти через отверстия в стенках корпуса, надежно прикрепи ее ко дну корпуса и только после этого укладывай в нее провод. Щель в кольце надежно закрой резиновой полоской или изоляционной лентой. Штыревую антенну скрепи с рамочной антенной с помощью изолирующей гетинаксовой пластинки с жестяными хомутиками.

Монтажную плату с деталями крепи в корпусе на стойках.

Корпус рассчитан на использование для питания приемника двух батарей КБС-Л-0,5, соединенных последовательно. Приемник можно питать от батареи «Крона ВЦ» или 7Д-0,1, но ее чаще придется менять.

Низкочастотную часть налаживай так же, как усилитель низкой частоты любого приемника. Рамочную антенну настраивай по сигналам «лисы» или с помощью генератора стандартных сигналов, настроенного на частоту 3,55 *Мгц* и снабженного куском провода, выполняющего роль излучающей антенны. При этом ротор конденсатора C_2 должен находиться примерно в положении средней емкости конденсатора.

Сопротивление резистора R_1 надо опытным путем подобрать таким, чтобы при подключении штыревой антенны ощущались резко выраженные максимум и минимум кардиоиды.

Второй приемник, о котором я здесь рассказываю, был «оружием» многих «лисоловов» на радиоспортивных соревнованиях школьников. И это не случайно. Ведь соревнования — это не только борьба за первенство, но и новые знакомства радиоспортсменов, обмен опытом. Так вот, с этим приемником на первые Всероссийские соревнования приехали юные «лисоловы» Перми. А на следующие соревнования с такими приемниками приехали команды нескольких областей и краев Российской федерации. Значит, приемник стоит того, чтобы его повторять.

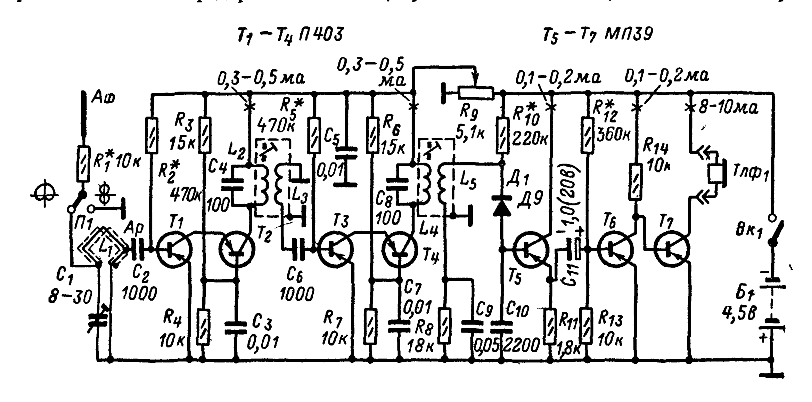


Рис. 408. Принципиальная схема приемника.

Принципиальная схема этого приемника показана на рис. 408, а его конструкция — на рис. 410. Внешне он похож на первый приемник, но он несколько сложнее и более чувствителен. Транзисторы T_1 и T_2, T_3 и T_4 образуют двухкаскадный усилитель высокой частоты, а транзисторы T_5, T_6 и T_7 — трехкаскадный усилитель низкой частоты, работающий на головные телефоны *Тлф*$_1$. Детектором является точечный диод $Д_1$.

Транзисторы T_1 — T_4 каскадов усилителя высокой частоты включены попарно, по так называемой к а с к о д н о й с х е м е. В данном случае транзисторы T_1 и T_3, включенные по схеме общего эмиттера, соединены последовательно с транзисторами T_2 и T_4, включенными по схеме общей базы. Каскодное включение транзисторов обеспечивает достаточное усиление высокой частоты и хорошую развязку между каскадами.

Как и первый приемник, этот приемник имеет две антенны: штыревую *Аш* и рамочную *Ар*. При определении направления на «лису» на вход приемника включают обе антенны, а во время поиска «лисы» — в основном только рамочную антенну.

Рамочную антенну, настроенную на частоту 3,55 *Мгц*, образуют катушка L_1 и подстроечный конденсатор C_1. Возбужденный в ней сигнал через конденсатор C_2 поступает на вход первого каскада усилителя высокой частоты, усиливается транзисторами T_1 и T_2 и выделяется резонансным контуром L_2C_4, настроенным, как и рамочная антенна, на частоту 3,55 *Мгц*. Далее сигнал через катушку связи L_3,

индуктивно связанную с катушкой L_2, и конденсатор C_6 подается на вход второго каскада усилителя высокой частоты, аналогичный первому.

После усиления высокочастотный модулированный сигнал детектируется диодом $Д_1$. Нагрузкой детектора служит относительно высокое входное сопротивление транзистора T_5, включенного по схеме общего коллектора (эмиттерный повторитель), первого каскада усилителя низкой частоты. С резистора R_{11}, являющегося нагрузкой транзистора T_5, колебания звуковой частоты через конденсатор C_{11} поступают на базу транзистора T_6 второго каскада, а с его коллекторной нагрузки R_{14} — на базу транзистора T_7 третьего, выходного, каскада приемника.

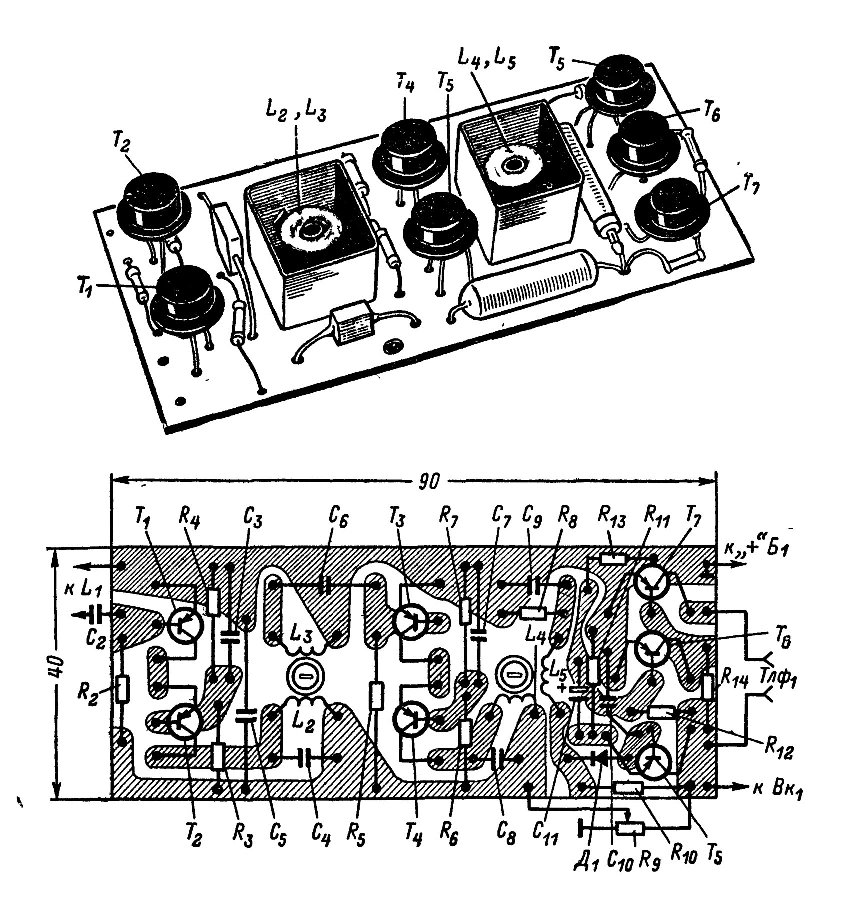


Рис. 409. Монтажная плата приемника.

Режим работы транзисторов первого каскада усилителя высокой частоты определяется сопротивлением резистора R_2, транзисторов второго каскада — резистором R_5. Смещение на базу транзистора T_5 подается с делителя напряжения $R_{10}R_8$ через диод $Д_1$. Режим работы транзисторов T_6 и T_7 устанавливают резистором R_{12} делителя напряжения $R_{12}R_{13}$.

Переменным резистором R_9 регулируют чувствительность приемника. Одновременно этот резистор и конденсатор C_5 образуют ячейку развязывающего фильтра, предотвращающего паразитную связь между усилителями низкой и высокой частот через общие цепи питания.

В усилителе высокой частоты можно использовать транзисторы П401—П403, П416, П422—П423, а в усилителе низкой частоты — любые маломощные низкочастотные транзисторы (МП39—МП42). Резисторы типа МЛТ или УЛМ; конденсатор C_1 типа КПК-1, конденсаторы C_2 — C_8 и C_{10} — типа КЛС, C_9 — типа МБМ, C_{11} — типа ЭМ. Телефоны низкоомные, сопротивлением 120—150 *ом*. Переключатель штыревой антенны $П_1$ и выключатель питания $Вк_1$ — тумблеры.

Детали приемника желательно смонтировать на печатной плате из фольгированного гетинакса или полистирола (рис. 409). Но можно и на штырьках, впрессованных в отверстия в плате.

Катушки L_2, L_3, L_4 и L_5 намотай на каркасах с тороидальными и подстроечными ферритовыми сердечниками и заключи их в экраны из листовой меди или алюминия. Катушки L_2 и L_4 должны содержать по 45 витков провода ПЭВ 0,12, катушка L_3 — 10 витков провода ПЭЛШО 0,3—0,4, катушка L_5 — 30 витков провода ПЭВ 0,12. Рамочная антенна устроена так же, как такая же антенна первого приемника, но диаметр ее кольца больше — около 280 *мм*. Катушка содержит 5 витков медного провода диаметром 0,3—0,5 *мм* с надежной изоляцией. Отвод сделан от 1-го витка, считая от «заземленного» конца катушки.

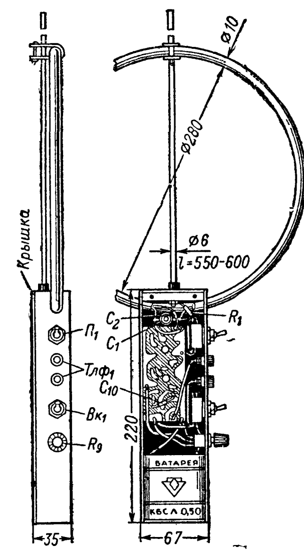


Рис. 410. Конструкция приемника.

Штыревой антенной служит алюминиевая трубка диаметром 5—7 и длиной 550—600 *мм*. С помощью однополюсной вилки, впрессованной в трубку, штырь вставляют в предназначенное для него гнездо и с помощью полоски органического стекла скрепляют с кольцом рамочной антенны.

Корпус приемника с привинчиваемой крышкой сделан из листового алюминия толщиной 1,5—2 *мм*. Изогнутую трубку рамочной антенны пропусти через отверстия, просверленные в боковых стенках корпуса, и только после этого укладывай в нее провод катушки. Монтажную плату крепи винтами на стойках.

Налаживание приемника сводится в основном к проверке режимов транзисторов, качества работы усилителя низкой частоты и настройке контуров L_4C_8, L_2C_4 и рамочной антенны на частоту 3,55 *Мгц*. Если коллекторные токи транзисторов значительно отличаются от указанных на принципиальной схеме (рис. 408), подгонку их осуществляй подбором сопротивлений резисторов в базовых цепях. На это время резистор R_9 надо закоротить. Работу усилителя низкой частоты можно проверить по качеству и громкости воспроизведения грамзаписи, подключив звукосниматель параллельно конденсатору C_{10}.

Настройку контуров L_4C_8, L_2C_4 и рамочной антенны L_1C_1 производят с помощью генератора стандартных сигналов или по сигналам «лисы», работающей на частоте 3,55 *Мгц*. Генератор стандартных сигналов подключают к конденсатору C_2. Сначала подстроечным сердечником катушки L_4 настраивают контур L_4C_8, затем сердечником катушки L_2 контур L_2C_4, а потом — подстроечным конденсатором C_1 рамочную антенну.

Резистор R_1 подбирают опытным путем в полевых условиях, добиваясь возможно лучшей кардиоиды, т. е. возможно лучше выраженной односторонней направленности приема сигналов «лисы». Его сопротивление будет тем больше,

чем длиннее штыревая антенна. А когда будешь точно знать, в какую сторону от штыря обращен максимум кардиоиды, это направление пометь на корпусе приемника стрелкой.

Вместо одного постоянного резистора R_1 в цепь штыревой антенны хорошо включить цепочку из дросселя высокой частоты и переменного резистора, как это сделано в первом приемнике (см. рис. 405), что упростит согласование антенн.

Конечно, приемники прямого усиления, о которых здесь шла речь, по своим качествам уступают супергетеродинам. Но они более доступны для самостоятельного изготовления начинающими «лисоловами».

На соревнованиях

Успех в соревнованиях по «Охоте на лис» зависит не только от пеленгационных качеств приемника, но и от того, как «охотник» освоил это свое «оружие» и пользуется им. Поэтому дать готовый рецепт, как искать и обнаруживать «лис», нельзя. Можно лишь, опираясь на опыт, дать некоторые советы.

Прежде всего, перед соревнованиями ты должен тщательно проверить свой приемник, подстроить антенну, если в этом появится необходимость. Батарея должна быть свежей, иначе приемник может тебя подвести.

На старте тебе вручат карту или план местности с пометкой старта и контрольный билет, на котором судьи при «лисах» будут отмечать время нахождения тобой «лис». Этот билет — основной документ «охотника». Потеряешь его — тебе не засчитают прохождение трассы, даже если ты быстрее других пробежал ее.

Приемник ты включишь только после того, как пробежишь стартовый коридор — идущую от старта в лес или кустарник дорожку, обозначенную флажками. Раньше нельзя — не положено по Положению о соревнованиях. Число «лис» на трассе и порядок поиска их тебе известны *. Значит, остановившись в конце стартового коридора, ты должен внимательно послушать всех «лис» и засечь их азимуты (рис. 411). Эти данные полезно нанести на карту. Особенно тщательно надо определить направление на ту «лису», которую будешь искать первой.

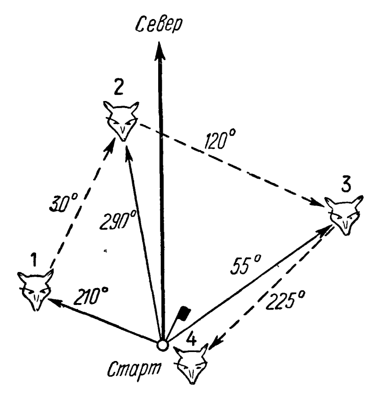


Рис. 411. Возможная схема размещения и поиска «лис» на трассе.

Начинать определять направление надо с нахождения прямой, на которой находится «лиса». Это делают обычно по минимуму рамочной антенны. Затем, повернувшись лицом в сторону одного из возможных направлений, включить штыревую антенну и тут же направить максимум кардиоиды попеременно вперед и назад. Сравнивая уровни громкости сигналов «лисы», ты тем самым точно определишь направление, в котором надо бежать — туда, куда «смотрит» максимум кардиоиды. И все это надо успеть за минуту, пока работает «лиса».

Заметь время окончания работы «лисы» и беги в ее сторону. Как только «лиса» снова начнет работать, выключи штыревую антенну и, продолжая бежать, проверяй направление на нее по минимуму рамочной антенны. Штыревую антенну

* На соревнованиях опытных спортсменов порядок поиска «лис» произвольный, что усложняет поиск их и прохождение всей трассы. На соревнованиях молодых «охотников» порядок поиска «лис» обычно сообщают перед стартом или на старте.

включай всякий раз, когда надо уточнить направление на «лису», например, когда пробежал ее и направление на нее изменилось

По мере приближения к «лисе» направление на нее как бы «размазывается», становится менее ощутимым на слух. В это время надо снизить чувствительность приемника или убавить громкость и быть особенно внимательным и наблюдательным — ведь «лиса» может быть совсем рядом! Иногда полезно бывает пробежать «лису», чтобы затем, уточнив обратное направление, быстро обнаружить ее.

Судья при «лисе» сделает на твоем контрольном билете соответствующую пометку. Теперь ты снова должен решать все те задачи, о которых я тебе рассказал здесь, но уже в направлении на следующую «лису».

В зависимости от общей протяженности трассы и числа «лис» на ней для участников соревнований устанавливают контрольное время. Это максимальное время, в течение которого участник может искать «лис» и прибыть на финиш. Если участник где-то допустил ошибку и сбился с правильного направления, а контрольное время еще не вышло, он имеет право вернуться на старт и снова начать поиск «лис».

Все эти и многие другие тонкости тактики и техники поиска «лис» ты познаешь уже в ходе первых соревнований по этому увлекательному виду радиоспорта.

O

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

Телемеханика

Первая часть слова «телемеханика» — греческое «теле», означающее по-русски «далеко». Значит, «телемеханика» — управление механизмами на расстоянии.

Наиболее знакомая тебе телемеханическая система — электрический звонок. Нажимая кнопку, являющуюся своеобразным датчиком, управляющим электрической цепью, ты на расстоянии управляешь электрическим звонком.

А как работает автоматическая телефонная станция — АТС? Набирая нужный номер, ты посылаешь по проводам на станцию серии электрических импульсов, с помощью которых аппаратура АТС соединяет тебя с телефонным аппаратом собеседника. Здесь автоматика сочетается с телемеханикой, а каналом связи служат провода.

Видел ты, как работает машинист подъемного крана? Перед ним — пульт управления с кнопками и приборами. Нажимая кнопки, он включает электродвигатели, которые приводят в действие различные механизмы. И в этом телемеханическом сооружении каналом связи служат провода.

Когда ты пользуешься фотореле, каналом связи служит пучок света, направленный на фотоэлемент или фоторезистор аппаратуры управляемого механизма. Но каналом связи может быть звук, ультразвук. Да, юный друг, звук тоже может управлять механизмами, о чем я тебе еще расскажу, но на небольшом расстоянии. На большом расстоянии лучше всего действует радиоканал. С помощью радиоволн можно управлять, например, трактором, автомобилем, самолетом. Космические корабли без космонавтов на борту управляются только по радио. Эта область радиоэлектроники называется р а д и о т е л е м е х а н и к о й.

Сущность радиотелемеханики заключается в том, что передатчик командного пункта посылает сигналы, содержащие зашифрованную информацию, которые при помощи приемника и реле, имеющихся на управляемом объекте, расшифровываются и автоматически включают и выключают различные механизмы его.

Предлагаю тебе две системы телемеханического управления моделями: звуком и по радио.

Первая система доступна каждому опытному радиолюбителю, а я считаю тебя уже опытным. Второй системой можешь пользоваться только в том случае, если тебе исполнилось 16 лет и ты можешь получить разрешение на пользование УКВ передатчиком или если ты занимаешься в радиокружке, которым руководит старший товарищ, на кого может быть оформлено такое разрешение.

Для управления моделями по радио Министерством связи СССР отведен участок любительского диапазона 28,0—28,2 *Мгц* и частота 27,12 *Мгц*. Разрешенная мощность передатчика не больше 1 *вт*. Но для надежного управления моделями вполне достаточна мощность передатчика 0,25—0,5 *вт*.

Лучше будет, если в этой работе ты объединишься с товарищем, увлекающимся постройкой автомобильных, дорожно-строительных, плавающих или летающих моделей. Он будет конструктором модели, а ты — конструктором аппаратуры телеуправления. И на соревнованиях будете выступать вместе, потому что работа ваша коллективная.

Дешифратор приемной аппаратуры

Независимо от системы телеуправления в дешифраторах аппаратуры, о которой речь пойдет в этой беседе, для выделения низкочастотных командных сигналов будут использованы селективные электронные реле. Селективные — значит, избирательные. Будем называть их сокращенно СЭР.

Что представляют собой эти избирательные ячейки дешифратора приемника и как они работают?

Посмотри на рис. 412. Он должен напомнить тебе электронное реле, используемое тобой в приборах-автоматах. СЭР — это то же электронное реле, но избирательное. Оно, подобно приемнику с фиксированной настройкой, выделяет сигнал только той частоты, на которую он настроен.

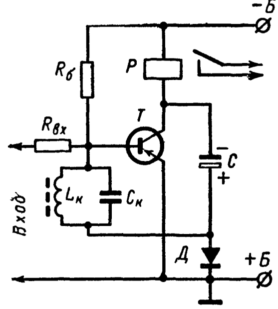


Рис. 412. Схема селективного электронного реле.

Избирательные свойства СЭР определяются входным резистором $R_{вх}$ и колебательным контуром $L_кC_к$, настроенным на низкочастотный сигнал одной из исполнительных команд. Эти элементы СЭР, взятые вместе, напоминают перевернутую букву «Г», где резистор $R_{вх}$ — поперечная черточка, а контур $L_кC_к$ — вертикальная часть буквы. Поэтому эту группу деталей называют Г-образным LC-фильтром.

Контур $L_кC_к$, как и любой колебательный контур, на всех частотах, кроме резонансной, на которую он настроен, представляет собой малое сопротивление. Для колебаний резонансной частоты его сопротивление велико. Поэтому если частота командного сигнала на входе Г-образного фильтра не равна резонансной частоте контура $L_кC_к$, то на выходе этого фильтра, являющемся входом транзистора T (нижняя точка контура через диод $Д$ соединена с эмиттером транзистора), напряжение практически отсутствует. В этом случае все напряжение командного сигнала падает на резисторе. В это время коллекторный ток транзистора мал, так как на базу через резистор подается малое напряжение смещения и транзистор почти закрыт. Когда же частота командного сигнала равна резонансной частоте контура $L_кC_к$, на контуре создается сравнительно большое переменное напряжение низкой частоты, которое практически без потерь подается на базу транзистора. Усиленное транзистором, оно выпрямляется диодом $Д$ и через катушку $L_к$ подается на его базу с отрицательной полярностью. При этом транзистор открывается, его коллекторный ток резко возрастает до 10—12 *ма*, отчего реле и срабатывает, а контакты его замыкают цепь питания исполнительного механизма.

Число СЭР дешифратора приемника определяется числом команд, на которое рассчитаны исполнительные механизмы. Собственные частоты их контуров, соответствующие частотам командных сигналов, подбирают индуктивностями катушек и емкостями конденсаторов во время настройки приемника.

Перехожу к аппаратуре телемеханики моделей.

Модель, управляемая звуком

Передатчиком управления моделью на расстоянии может служить, как это ни странно, самая обыкновенная детская дудочка (рис. 413). Она, как ты знаешь, имеет отверстия. Когда мы закрываем пальцами одни отверстия и открываем другие, дудочка, как флейта, создает звуки разных частот. Звук одной частоты — команда, другой частоты — вторая команда, третьей частоты — третья команда. «Передатчиком» могут быть и свистки с разной тональностью звуков.

На телеуправляемой модели имеется микрофон, преобразующий звуковые сигналы в колебания тока низкой частоты. После усиления колебания низкой частоты поступают на входы селективных электронных реле $СЭР_1$ — $СЭР_3$, на выходы которых включены электромагнитные реле P_1 — P_3. Если частота звукового сигнала близка к частоте фильтра одного из *СЭР*, например, $СЭР_1$, настроенного на эту частоту, сигнал проходит без потерь только через фильтр этого СЭР, вызывая срабатывание реле P_1, а контакты реле включают цепь питания исполнительного механизма. Через фильтры других СЭР этот сигнал не проходит и их реле не срабатывают. Если частота командного сигнала другая, близкая, например, к собственной частоте фильтра $СЭР_3$, то срабатывает реле P_3. Таким образом, звуковыми сигналами разных частот можно заставить срабатывать одно из трех СЭР, а они включат исполнительные механизмы модели.

Радиус действия такого «передатчика» (дудочки или свистков) ограничивается обычно 5—10 *м*, но это вполне достаточно для управления простыми моделями автомобилей, тракторов или кораблей. Однако если воспользоваться генератором звуковых частот с усилителем, к выходу которого можно подключить электродинамический громкоговоритель, то такой передатчик будет излучать

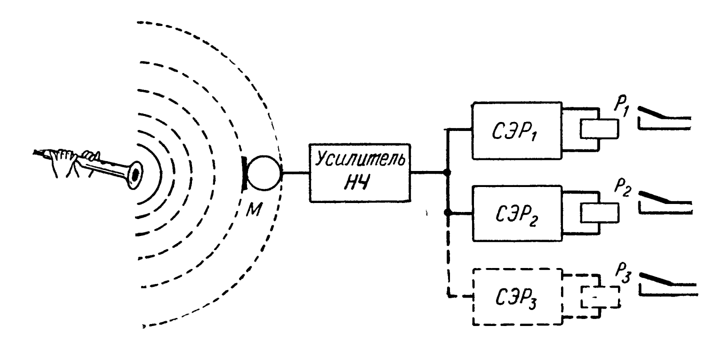


Рис. 413. Блок-схема системы управления моделью звуком.

сигналы бóльшей интенсивности, что значительно увеличит радиус действия аппаратуры. Генератор, кроме того, излучает более стабильные звуковые колебания, что повышает надежность работы аппаратуры в целом.

Число команд может быть больше трех. Для этого надо лишь добавить в дешифратор приемника соответствующее число СЭР. Но мы советуем сделать сначала двухканальную аппаратуру, испытать ее на модели, а затем, если понадобится, добавить еще несколько фильтров для дополнительных команд.

Но прежде всего реши вопрос: дудочку или свистки использовать для подачи команд? Дудочка, конечно, интереснее, но во время управления можно ошибиться: зажмешь не то отверстие, и модель не выполнит нужной команды. Свистки в этом отношении надежнее: свистишь в свисток в правой руке — модель движется вперед, то же в левой — модель делает поворот.

Частоты звуковых команд. До того, как строить приемник, определи звуковые частоты, которые излучают твои свистки, чтобы знать, на какие частоты придется настраивать фильтры СЭР приемника. Подойдут любые свистки, лишь бы их звуки заметно различались по частоте. Определить их частоты можно с помощью звукового генератора.

Подключив к выходу звукового генератора громкоговоритель, подай на него такое напряжение, чтобы звуки одного из свистков и громкоговорителя были одинаковыми по силе. Попроси товарища непрерывно свистеть, а ты, слушая звуки свистка и генератора, изменяй частоту генератора до тех пор, пока не будут прослушиваться звуковые биения — звук очень низкого тона или полное про-

падание звука. Положение указателя шкалы генератора будет соответствовать частоте звука свистка.

Точно так же определяй звуковую частоту второго свистка или звуковые частоты дудочки.

Для управления моделью нужны источники звуков, частоты которых различаются не менее чем на 250—300 *гц*, например 1 200 и 1 500, 1 300 и 2 000 *гц*, но не выходят за пределы диапазона 1 000—3 000 *гц*. Свистки, которыми располагали ребята, строившие описываемый здесь приемник, излучали звуковые колебания с частотами 1 150 и 1 550 *гц*.

Приемник. Принципиальная схема приемника изображена на рис. 414. Это трехкаскадный транзисторный усилитель низкой частоты, на вход которого подключен микрофон, а на выход — селективные электронные реле $СЭР_1$ и $СЭР_2$

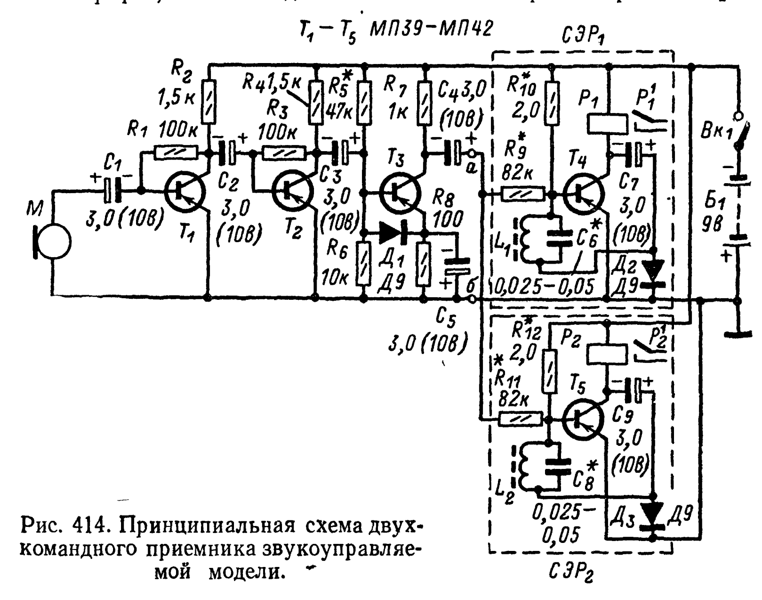


Рис. 414. Принципиальная схема двухкомандного приемника звукоуправляемой модели.

(обведены штриховыми линиями). Для питания приемника нужна батарея с напряжением 9 *в*, например, «Крона ВЦ» или составленная из двух батарей КБС-Л-0,50. Для питания цепей исполнительных механизмов используются самостоятельные источники тока.

При приеме микрофоном звуковых команд на его выходе возникает электрический сигнал, напряжение которого уменьшается с увеличением расстояния до источника звука. Уже на расстоянии 10—15 *м* оно равно примерно 100 *мкв*. А чтобы надежно срабатывали СЭР, на их входы нужно подавать сигнал напряжением около 3 *в*. Следовательно, входной сигнал должен быть усилен примерно в 30 000 раз (3 *в* : 0,0001 *в* = 30 000). Первые три каскада приемника, в которых работают транзисторы T_1 — T_3, вполне обеспечивают такое напряжение, так как каждый из них дает примерно 30—35-кратное усиление.

В третий каскад усилителя низкой частоты введен диод $Д_1$ (может быть любой точечный диод), ограничивающий наибольшее выходное напряжение этого каскада. Дело в том, что по мере уменьшения расстояния от модели до источника звука напряжение на выходе микрофона быстро увеличивается и может доходить до 50—100 *мв*. Казалось бы, что при таком напряжении на входе усилителя СЭР дешифратора должны работать более надежно, на самом же деле усиление командного сигнала приводит только к лишним хлопотам. Объясняется это тем, что при

более высоком выходном напряжении усилителя могут срабатывать сразу все СЭР. Кроме того, при ложных срабатываниях исполнительных механизмов будут обгорать контакты электромагнитных реле.

Чтобы избежать этих неприятностей, на третий каскад, собранный на транзисторе T_3, возложена задача не только обеспечить усиление сигнала, когда он слабый, но и ограничивать его усиление по максимуму. Это и достигается с помощью диода $Д_1$, работающего как детектор, автоматически снижающего усиление каскада при сильных сигналах. В целом же данные каскада подобраны таким образом, что, начиная с напряжения 100 *мв* на его входе, которое развивают первые два каскада усилителя, амплитудное значение напряжения на его выходе (на схеме —точки *а* и *б*) не превышает 4 *в*.

Зависимость выходного напряжения ограничительного каскада от напряжения на его входе изображена графически на рис. 415. На графике видно, что как бы ни повышалось входное напряжение $U_{вх}$, начиная с 0,1 *в*, напряжение на выходе ограничительного каскада не увеличится более чем до 4 *в*.

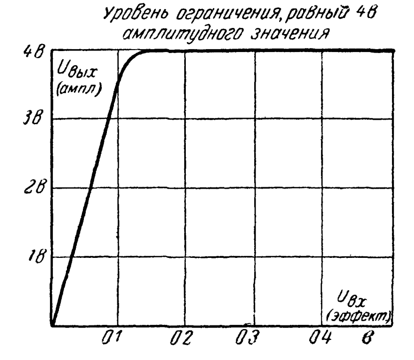


Рис. 415. График зависимости выходного напряжения ограничительного каскада от напряжения на его входе.

С выхода ограничительного каскада усиленный сигнал через конденсатор C_4 подается одновременно на входы обоих СЭР. Срабатывает же электромагнитное реле того СЭР, фильтр которого настроен в резонанс с частотой командного сигнала.

Детали и монтаж приемника. Приемник монтируй на гетинаксовой или текстолитовой плате толщиной 2—2,5 *мм*. Чертеж платы с разметкой отверстий на ней приведен на рис. 416, *а*. Увеличив чертеж до натуральной величины, наклей его на плату и уже по нему сверли отверстия. Показанные на рисунке мелкие отверстия предназначены для опорных проволочных шпилек.

Размещая детали на плате и соединяя их, придерживайся монтажных схем, показанных на рис. 416, *б* и *в*. Соединения деталей делай медным проводом диаметром 0,4—0,5 *мм* в хлорвиниловой изоляции.

Для приемника используй малогабаритные детали, иначе они не уместятся на монтажной плате или придется увеличивать ее размеры. Электромагнитные реле типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.302), РЭС-6 (паспорт РФО.452.145) или самодельные. Точечные диоды $Д_1$ — $Д_3$ типа Д9 или Д2, имеющие прямое сопротивление 20—100 *ом* и обратное не меньше 0,5 *Мом*. Коэффициент усиления $B_{ст}$ всех транзисторов может быть в пределах 40—100 при $I_{к.0}$ не больше 30 *мка*.

Катушки фильтров L_1 и L_2 намотай на ферритовых кольцах марки 1000НН или 2000НН с наружным диаметром 10—13 *мм*. Всего на тело каждого кольца с помощью челнока намотай около 1 000 витков провода ПЭВ 0,08 — 0,1. При использовании ферритовых колец марок 400НН или 600НН для каждой катушки фильтра придется использовать два кольца, склеивая их торцами клеем БФ-2.

Катушки фильтров, намотанные на ферритовых кольцах, крепи на монтажной плате с помощью болтиков диаметром 2—2,6 *мм* (рис. 417).

В качестве микрофона для приемника используется самодельный громкоговоритель, выполненный на базе капсюля ДЭМШ-1 (см. стр. 193) или ушного телефона от слухового аппарата. Можно, конечно, использовать и электродинамический микрофон с повышающим трансформатором, но он сильно увеличит вес приемника.

Даже при использовании малогабаритных деталей монтаж приемника получается очень плотным. В связи с этим принимай все меры, предупреждающие

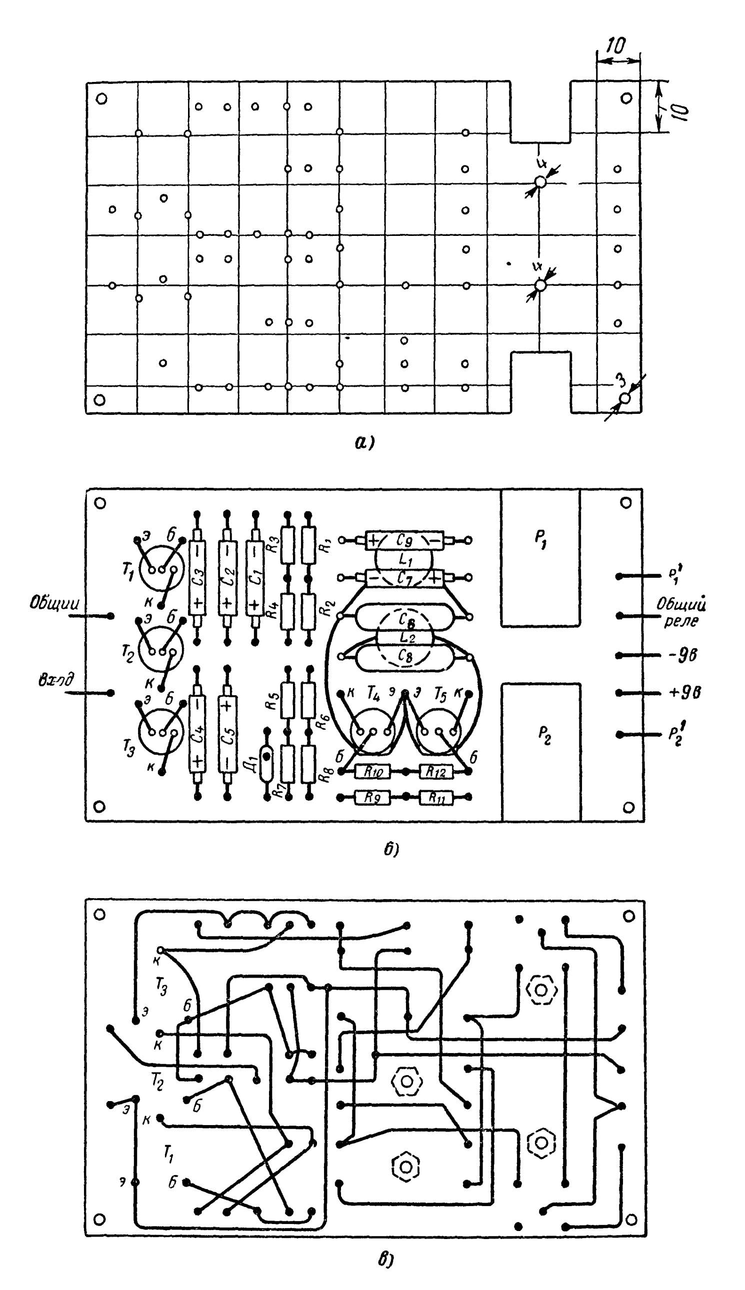


Рис 416. Монтажная плата двухкомандного приемника звукоуправляемой модели

а — плата, *б* — вид на монтажную плату сверху, *в* — вид на монтажную плату снизу.

случайные соединения между деталями при ударах, которые неизбежны при испытании модели. На электролитические конденсаторы надень отрезки хлорвиниловой трубочки, чтобы избежать замыкания их корпусов с соседними деталями или монтажными шпильками. На выводы транзисторов надень более короткие отрезки хлорвиниловой трубки, что исключит замыкание базовых цепей этих приборов.

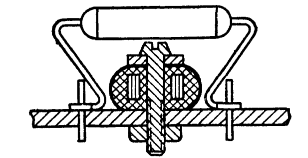


Рис. 417. Крепление катушки фильтра СЭР приемника на монтажной плате.

С особой осторожностью производи пайку, чтобы не повредить детали, изоляционные трубочки.

Налаживание приемника начинай с проверки работы фильтров СЭР дешифратора. Сначала проверяй фильтр СЭР первого, затем второго каналов управления.

На вход селекционного электронного реле $СЭР_1$ через электролитический конденсатор C_4, предварительно отпаяв его от резистора R_7 и поменяв полярность его включения, подай от звукового генератора (самодельного или ЗГ-10) сигнал напряжением 3 *в*, а в коллекторную цепь транзистора T_4 включи миллиамперметр на ток 20—30 *ма*, как показано на рис. 418. Контроль за входным напряжением осуществляй вольтметром переменного напряжения. При отсутствии сигнала на входе СЭР ток коллектора транзистора должен быть в пределах 1,5—2 *ма*. Если ток значительно меньше, то уменьшай сопротивление резистора R_{10}. При подключении параллельно этому резистору другого резистора сопротивлением 1—2 *ком* коллекторный ток транзистора должен резко возрастать, а реле срабатывать.

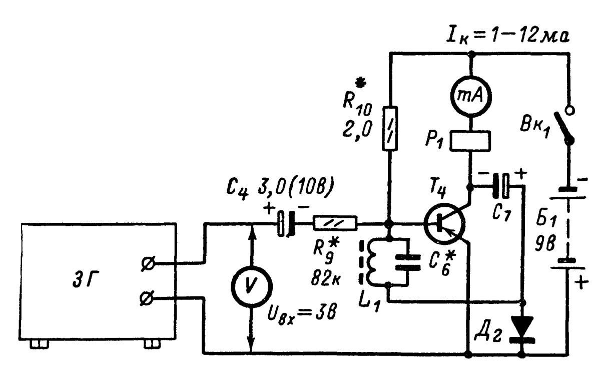


Рис. 418. Схема снятия частотной характеристики фильтра СЭР дешифратора приемника.

Затем приступай к настройке контура L_1C_6 на частоту одного из командных сигналов. А для этого придется прежде всего, пользуясь звуковым генератором, снять частотную характеристику фильтра. Работа эта кропотливая, требует большого внимания и точности, но без нее не удастся заставить модель быть послушной звуковым командам. Она, кроме того, поможет тебе прочно закрепить в памяти сущность работы дешифратора и получить наглядное представление о роли его деталей.

Следя за тем, чтобы напряжение сигнала на входе СЭР все время было равно 3 *в*, плавно изменяй частоту генератора примерно от 500 до 5 000 *гц*. Миллиамперметр в коллекторной цепи транзистора вначале будет показывать ток 1—2 *ма*. Затем на каком-то участке диапазона звуковых частот ток резко возрастет до 8—12 *ма*, а при дальнейшем изменении частоты генератора снова уменьшится

до 1—2 *ма*. Вот этот участок возрастания и спадания тока транзистора, который тебе надо изобразить графически, и есть частотная характеристика фильтра. Тебе надо знать, какой она получится и что надо сделать, чтобы настроить фильтр на частоту командного сигнала.

Возьми лист миллиметровой или клетчатой бумаги, начерти на ней две взаимно перпендикулярные линии — оси координат и раздели их на одинаковые участки длиной по 5—10 *мм* (рис. 419). По вертикальной оси вверх откладывай значения тока коллектора $I_к$ в миллиамперах, а по горизонтальной вправо — значения частоты генератора в герцах.

Допустим, что до частоты 1 350 *гц* ток коллектора не изменялся и был равен 1 *ма*. С этого момента, который на кривой *1* (рис. 419) отмечен буквой *а*, ток начал увеличиваться. При частоте 1 400 *гц* он был равен 1,5 *ма* (точка *б*), при частоте

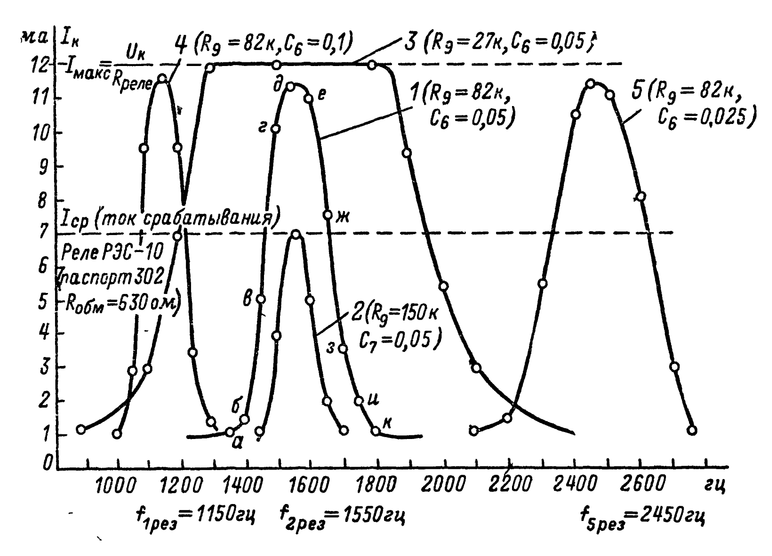


Рис. 419. Графики частотных характеристик фильтров.

1 450 *гц* — 5 *ма* (точка *в*), а при частоте 1 500 *гц* — 10 *ма* (точка *г*). Если электромагнитное реле типа РЭС-10 с обмоткой сопротивлением 630 *ом* (паспорт РС4.524.302), то при частоте 1 420 — 1 450 *гц* оно должно сработать. С дальнейшим повышением частоты генератора ток коллектора продолжает расти. На частоте 1 550 *гц* он достигает наибольшего значения (точка *д*), а затем начинает уменьшаться. Если значения тока коллектора отмечать точками примерно через каждые 50 *гц* (точки *е*, *ж*, *з*, *и*, *к*), а затем все эти точки соединить сплошной линией, то получится график частотной характеристики фильтра. Для нашего случая это будет кривая *1*, соответствующая резонансной частоте фильтра 1 550 *гц* при R_9 = 82 *ком* и C_6 = 0,05 *мкф*.

Резонансная частота фильтра СЭР твоего приемника может быть иной, но форма кривой частотной характеристики его должна быть близка к форме кривой *1*. Чем острее получится кривая частотной характеристики фильтра, тем выше его селективные свойства, тем, следовательно, выше качество работы приемной аппаратуры.

Допустим, что у тебя получилась именно такая кривая. Попробуй теперь (уже для эксперимента) сопротивление резистора R_9 увеличить до 150—200 *ком* и снова снять частотную характеристику фильтра. У тебя получится кривая, близкая к кривой *2*. Резонансная частота фильтра останется той же, а макси-

мальный ток коллектора окажется настолько малым, что реле не сработает. Далее попробуй, наоборот, уменьшить сопротивление этого резистора до 20 — 27 *ком* и еще раз снять частотную характеристику фильтра. Резонансная частота фильтра опять-таки останется прежней, а кривая (на рис. 419 — кривая *3*), не поднявшись выше тока насыщения, охватит очень широкую полосу частот. Фильтр с такой характеристикой совершенно непригоден, так как его избирательность окажется прескверной — СЭР станет срабатывать при самых различных частотах.

Эти эксперименты, которые займут не более часа, позволят тебе судить о влиянии резистора R_9 на качество дешифратора приемника. Изменяя его сопротивление, тебе надо добиться, чтобы кривая частотной характеристики фильтра максимально приблизилась по форме к кривой *1*.

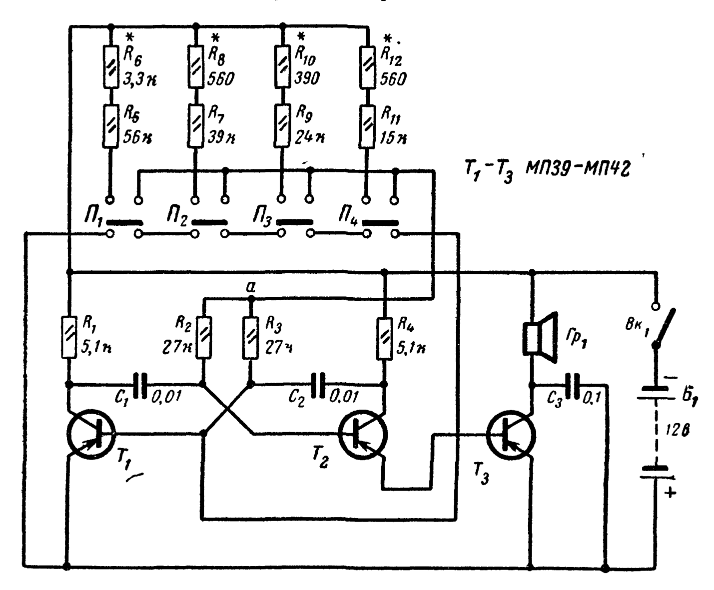


Рис. 420. Принципиальная схема передатчика звуковых команд.

Теперь увеличь емкость конденсатора C_6, подключив параллельно ему второй конденсатор емкостью 0,05 *мкф*, или заменив его конденсатором емкостью 0,1 *мкф*, и снова сними частотную характеристику фильтра. Кривая сдвинется в сторону низших звуковых частот (на рис. 419 — кривая *4*), так как уменьшилась собственная частота колебательного контура фильтра. А если емкость конденсатора C_6 уменьшить, например, до 0,025 *мкф*, увеличив таким образом собственную частоту контура, то и кривая частотной характеристики фильтра сдвинется в сторону высших звуковых частот (на рис. 419 — кривая *5*).

Вывод напрашивается сам собой: изменяя емкость колебательного контура фильтра СЭР, можно подобрать такую резонансную частоту его, которая соответствует частоте звуковой команды свистка или дудочки. Аналогичные результаты получатся, если изменять индуктивность контурной катушки фильтра.

Таким образом, перед тобой стоит задача: снимая частотные характеристики и подбирая опытным путем данные контуров фильтров, настроить их на частоты звуковых команд. При этом следи, чтобы напряжение сигнала на выходе звукового генератора все время было равно 3 *в*.

Когда резонансные частоты контуров фильтров обоих СЭР подгонишь под частоты командных сигналов, еще раз сними их частотные характеристики. Кривые не должны перекрывать друг друга, иначе могут происходить ложные срабатывания реле. Частотные характеристики фильтров приемника, изготовленного моими юными друзьями, о котором я здесь рассказываю, соответствуют кривым *1* и *5* (рис. 419).

Усилитель низкой частоты, если в нем нет неисправных деталей и он смонтирован без ошибок, налаживания не требует. Проверить же его работу можно так. Вместо резистора R_7 включи в цепь коллектора транзистора T_3 головной телефон, а на вход усилителя — микрофон. Перед микрофоном подай звуковой сигнал свистком или дудочкой — в телефоне должен прослушиваться достаточно громкий звук, а одно из СЭР должно сработать. Громкость звука любой команды не должна меняться по мере отдаления его источника от микрофона на расстояние до 18 — 20 *м*. Это подтвердит, что усилитель и каскад ограничения сигнала работают исправно. Налаженный таким образом приемник можно ставить на модель.

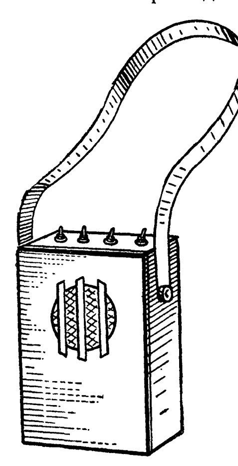


Рис. 421. Примерная конструкция передатчика звуковых команд.

Передатчик звуковых команд. Если пожелаешь увеличить расстояние действия приемника управляемой модели, тебе придется отказаться от свистков или дудочки и собрать более надежный передатчик звуковых команд. Принципиальная схема такого передатчика показана на рис. 420. Он представляет собой транзисторный генератор колебаний звуковых частот, собранный по схеме мультивибратора, с усилителем мощности. Нагрузкой усилителя служит громкоговоритель, являющийся источником звука передатчика. Им может быть любой маломощный громкоговоритель, в том числе и самодельный, который в зависимости от сопротивления звуковой катушки включается в коллекторную цепь транзистора T_3 через выходной трансформатор либо непосредственно.

Передатчик четырехкомандный (с запасом — на случай, если потребуется увеличить число команд). Управляется он четырьмя двухполюсными тумблерами ($П_1$ — $П_4$) или кнопками. Для питания потребуется батарея с напряжением около 12 *в*, составленная из трех батарей КБС-Л-0,50.

Частота колебаний, генерируемых мультивибратором, определяется сопротивлением той цепочки из двух соединенных последовательно резисторов (R_5 и R_6, R_7 и R_8, R_9 и R_{10}, R_{11} и R_{12}), которая включается между резисторами R_2 и R_3 (точка *a*) и общим минусом: чем больше суммарное сопротивление цепочки резисторов, тем меньше частота звуковой команды. Один из каждых двух резисторов (R_5, R_7, R_9, R_{11}) грубо определяет частоту мультивибратора, другой (R_6, R_8, R_{10}, R_{12}), сопротивление которого подбирается, служит для более точной подгонки частоты мультивибратора. Если ни одна из цепочек резисторов не включена, мультивибратор не генерирует звуковых частот.

Сопротивления резисторов R_5 — R_{12}, указанные на схеме, соответствуют частотам 1 550, 1 950, 2 350 и 2 720 *гц*. Если выберешь иные резонансные частоты фильтров СЭР приемника, соответственно придется подобрать и номиналы резисторов мультивибратора. Число команд можно уменьшить или, наоборот, увеличить.

Конструкция передатчика произвольная. Важно лишь, чтобы он был удобен при управлении моделью. Это может быть фанерный ящичек с размерами 120 × 160 *мм* с ремешком, накидывающимся на шею (рис. 421). На передней стенке ящичка — громкоговоритель. На верхней или задней стенке — выключатель питания и тумблеры управления передатчиком, а внутри ящичка — монтажная плата и батарея питания.

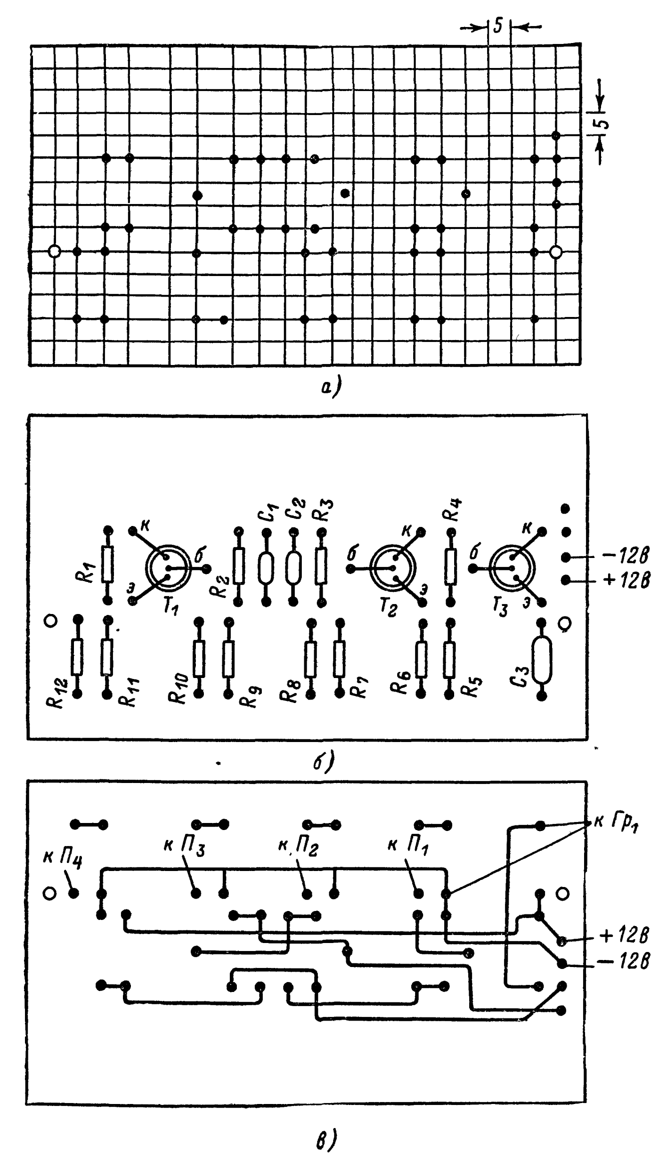


Рис. 422. Размерка платы (*а*) и монтаж деталей на ней (*б* и *в*).

Транзисторы, резисторы и конденсаторы передатчика можно разместить и смонтировать на гетинаксовой плате размером 70 × 120 *мм*. Примером могут служить плата и монтажные схемы, показанные на рис. 422.

Радиоуправление моделями

Любители строить радиоуправляемые модели кораблей, автомобилей, самолетов обычно используют многоканальную аппаратуру, когда высокочастотная энергия, излучаемая командным передатчиком, модулируется разными по частоте колебаниями звуковой частоты. При таком виде кодирования каждой команде соответствует свой звуковой тон модуляции. Линия связи одна — радиоволна, а каналов, выполняющих команды, может быть несколько.

Блок-схема аппаратуры такой системы телеуправления показана на рис. 423. Принцип ее работы сводится к следующему. Командный передатчик имеет несколько генераторов звуковых частот: F_1, F_2, F_3 и т.д., выполняющих роль кодирующего устройства. Нажимая ту или иную кнопку на пульте управления *ПУ*,

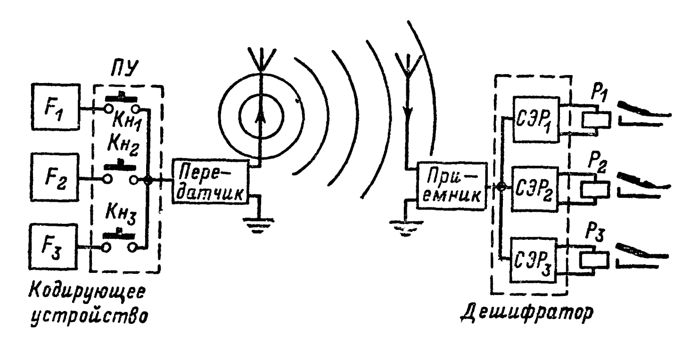


Рис. 423. Блок-схема многокомандной аппаратуры радиоуправления с кодированием колебаниями звуковой частоты.

мы имеем возможность подключать к передатчику любой из звуковых генераторов. В результате излучаемая передатчиком высокочастотная энергия модулируется соответствующей звуковой частотой.

Аппаратура, установленная на телеуправляемой модели, представляет собой приемник высокочастотных модулированных сигналов с селективными электронными реле на выходе — такими же, как в дешифраторе приемника звукоуправляемой модели. Срабатывает электромагнитное реле той ячейки дешифратора, фильтр которой настроен на соответствующую ему частоту командного сигнала.

Работу по изготовлению аппаратуры управления моделью по радио целесообразнее начать с постройки передатчика, так как он значительно облегчит наладку приемника.

Передатчик радиоуправления моделями

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 424. Передатчик как видишь, транзисторный. Он состоит из задающего генератора с усилителем мощности и модулятора, обведенных на схеме штриховыми линиями. Жирными цифрами *1—11* обозначены точки соединения плат передатчика и подключения к нему источника питания и кнопочного пульта управления. Питание передатчика осуществляется от батареи с напряжением 12 *в*, составленной из трех батарей КБС-Л-0,50,

Выходная мощность передатчика 0,1—0,15 *вт*, что обеспечивает уверенную связь с управляемой моделью на расстоянии до 1,5 *км*. При этом он потребляет от батареи ток не больше 80 *ма*. Следовательно, энергии комплекта батарей КБС-Л-0,50 хватает на 5—6 *ч* непрерывной работы передатчика.

Передатчик рассчитан на работу в диапазоне частот 28,0—28,2 *Мгц*, отведенном для управления моделями по радио. Несущая частота передатчика модулируется по амплитуде низкочастотными колебаниями, являющимися командными сигналами.

В задающем генераторе передатчика работает транзистор T_6 типа П403, включенный по схеме генератора с емкостной связью. Такая схема обеспечивает хорошую развязку между задающим контуром $L_1C_{11}C_{12}$, включенным по трехточеч-

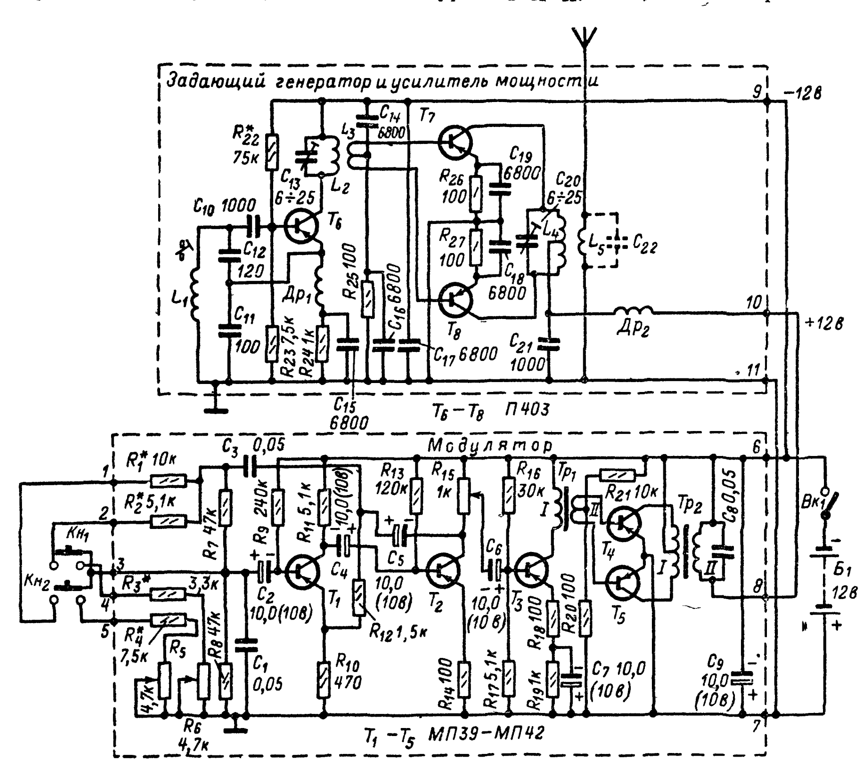


Рис. 424. Принципиальная схема двухкомандного передатчика для радиоуправления моделью.

ной схеме, и коллекторным контуром L_2C_{13}, что повышает стабильность частоты генератора. Эмиттер транзистора отделен по высокой частоте от «земли» высокочастотным дросселем $Др_1$. Резистор R_{24}, заблокированный конденсатором C_{15}, обеспечивает температурную стабилизацию коллекторного тока транзистора. При срыве генерации ток коллектора должен доходить до 1—1,5 *ма*, что достигается подбором сопротивления резистора R_{22}.

Контур L_2C_{13}, включенный в коллекторную цепь транзистора T_6, так же, как и задающий контур $L_1C_{11}C_{12}$ цепи базы, настраивается на полосу частот 28,0—28,2 *Мгц*.

С задающего генератора высокочастотный сигнал через катушку связи L_3 подается на вход усилителя мощности, работающего по двухтактной схеме на транзисторах T_7 и T_8. Резисторы R_{26} и R_{27}, зашунтированные конденсаторами C_{18} и C_{19}, обеспечивают необходимую температурную стабилизацию тока выходных

транзисторов. Нагрузкой усилителя мощности является контур L_4C_{20}, также настраиваемый на частоту 28,0—28,2 *Мгц*, с которым через катушку L_5 связана антенна передатчика

В рабочем режиме постоянная составляющая коллекторного тока каждого выходного транзистора достигает 30 *ма* Таким образом, эти транзисторы с целью отдачи наибольшей полезной мощности в антенне работают в несколько перегруженном режиме. Но этого не следует опасаться, так как в этом режиме мощность, рассеиваемая на каждом транзисторе, не превышает 40 *мвт*, что меньше максимально допустимой.

Модуляция высокочастотной энергии, излучаемой антенной, осуществляется через цепь питания транзисторов усилителя мощности Ячейка, состоящая из высокочастотного дросселя $Др_2$ и конденсатора C_{21}, препятствует проникновению колебаний несущей частоты передатчика в его модулятор.

Модулятор передатчика трехкаскадный. Первый его каскад, в котором работают транзисторы T_1 и T_2, — генератор колебаний звуковых частот, второй каскад на транзисторе T_3 — усилитель напряжения, третий, на транзисторах T_4 и T_5, — двухтактный усилитель мощности.

Генератор колебаний звуковых частот представляет собой мультивибратор, при указанных на принципиальной схеме данных его резисторов он генерирует колебания двух фиксированных частот: 1 000 и 2 500 *гц*. При нажатии кнопки $Кн_2$, когда к базе транзистора T_1 подключаются резисторы R_1, R_4 и R_5, генерируются колебания первой командной частоты, а при нажатии кнопки $Кн_1$, когда подключается цепочка из резисторов R_2, R_3 и R_6, генерируются колебания второй командной частоты. Переменные резисторы R_5 и R_6, входящие в эти частотозадающие цепи мультивибратора, нужны для точной подстройки генерируемых им звуковых частот под резонансные частоты фильтров дешифратора приемника.

Число команд передатчика может быть увеличено. Для этого надо лишь добавить соответствующее число цепочек резисторов и кнопок управления. И, наоборот, его можно уменьшить до одной команды, исключив из генератора одну цепочку резисторов и относящуюся к ним кнопку.

Когда кнопки управления не нажаты, генератор за счет постоянно включенных резисторов R_7 и R_8 генерирует колебания с частотой 70—80 *гц*. Эта частота нужна не для управления, а только для настройки приемника на частоту передатчика.

Переменный резистор R_{15}, включенный в коллекторную цепь транзистора T_2, является выходным элементом генератора. С него низкочастотный сигнал через конденсаторы подается на транзистор T_3 усилителя напряжения. Но этот каскад выполняет роль не только усилителя напряжения, но и фазоинвертора, обеспечивающего работу выходного двухтактного усилителя мощности модулятора.

Во вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, через которую подается питание коллекторных цепей усилителя мощности передатчика, развивается переменное напряжение с амплитудой около 12 *в* В результате воздействия этого напряжения на ток транзисторов передатчика антенна излучает высокочастотную энергию, модулированную по амплитуде низкочастотными колебаниями командного сигнала. Глубина модуляции регулируется переменным резистором R_{15}.

Работа всего передатчика происходит так Задающий генератор генерирует переменное напряжение с частотой 28,0—28,2 *Мгц*, которое подается на усилитель мощности, питающий антенну. Кроме того, на выход передатчика подается переменное напряжение низкой частоты. Когда не нажата ни одна из кнопок управления звуковым генератором, с выхода модулятора на усилитель мощности передатчика через дроссель $Др_2$ подается напряжение с частотой 70—80 *гц*. В это время антенна передатчика излучает электромагнитные колебания, несущая которых промодулирована по амплитуде звуковыми колебаниями частотой 70—80 *гц*. При нажатии одной из кнопок звукового генератора несущая электромагнитной энергии, излучаемой передатчиком, модулируется переменным напряжением с частотой 1 000 или 2 500 *гц*, что и является шифром команд радиоуправления.

Детали, конструкция и налаживание передатчика. Модулятор и высокочастотный генератор с усилителем мощности монтируй на отдельных гетинаксовых

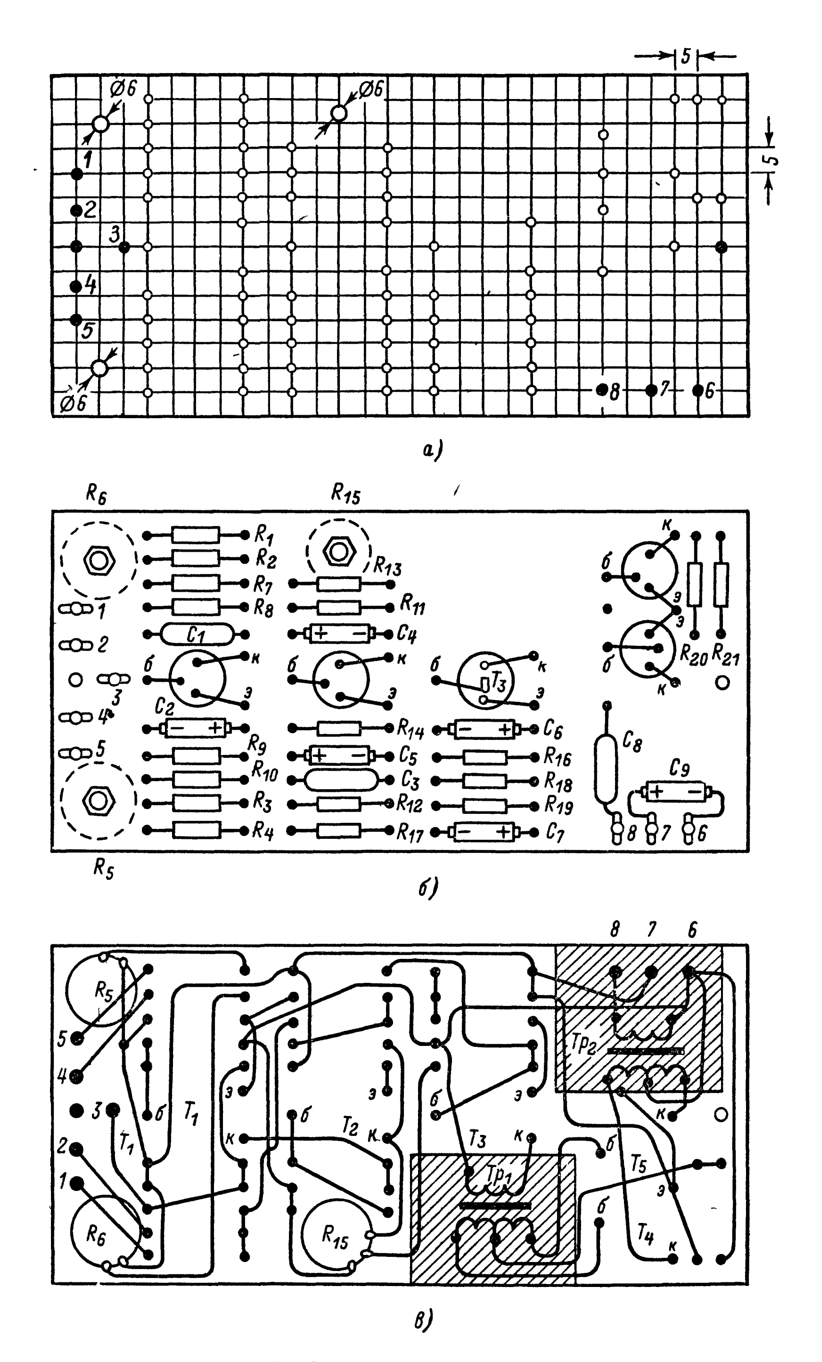


Рис. 425. Монтажная плата модулятора.

а — разметка отверстий на плате; *б* — вид на монтаж сверху; *в* — вид на монтаж снизу.

платах размерами 145 × 70 и толщиной 2—2,5 *мм*. Их предварительно налаживай раздельно.

Плату модулятора с разметкой отверстий и монтажные схемы модулятора показаны на рис. 425. Отверстия в плате сверли сверлами трех диаметров: 6 *мм* — для переменных резисторов, 3 *мм* (залиты краской) — для выводных ламелей, 1 *мм* — для монтажных шпилек. Свободные от деталей отверстия предназначены для крепления платы в футляре передатчика.

Коэффициент усиления $B_{ст}$ транзисторов модулятора может быть в пределах 40—100. Те из них, которые будут работать в усилителе мощности (T_4 и T_5), должны иметь возможно более близкие параметры по $B_{ст}$ и $I_{ко}$. Переменные резисторы R_5, R_6 и R_{15} типа СПО. Постоянные резисторы и конденсаторы малогабаритные.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ самодельные. Они выполнены на сердечниках из пластин Ш-8; толщина наборов 8 *мм*. Первичная обмотка трансформатора $Тр_1$ содержит 2 000 витков провода ПЭВ 0,12, вторичная — 250 витков провода ПЭВ 0,15 с отводом от середины (две секции по 125 витков). Первичная обмотка трансформатора $Тр_2$ — 1 300 витков провода ПЭВ 0,15 с отводом от середины (две секции по 650 витков), вторичная — 700 витков того же провода. Оба трансформатора укреплены с нижней стороны платы. Отверстия для крепежных винтов сверли по месту.

При монтаже деталей модулятора на плате придерживайся монтажных схем, приведенных на рис. 425, *б* и *в*, что избавит тебя от ошибок.

Никакой специальной регулировки модулятор не требует, а с наладкой отдельных его каскадов ты уже знаком. Если на выход модулятора (на рис. 424 — точки *6* и *8*) подключить высокоомный телефон, то в нем будет прослушиваться достаточно громкий звуковой тон. При нажатии кнопок $Кн_1$ и $Кн_2$ звуковой тон в телефонах должен соответствовать частотам 1 000 и 2 500 *гц*.

Нагрузи вторичную обмотку трансформатора $Тр_2$ на резистор сопротивлением 390—430 *ом* и измерь на нем напряжение вольтметром со шкалой 0—10 *в*. Вращая ручку переменного резистора R_{15}, добейся, чтобы вольтметр показывал напряжение 8 *в*. Отключив эту временную нагрузку, можешь считать, что модулятор передатчика готов.

Чертеж платы задающего генератора с разметкой всех необходимых отверстий под монтажные шпильки и детали, а также монтажные схемы этого узла передатчика показаны на рис. 426. От качества сборки и монтажа этой платы в большой степени зависит качество работы всего передатчика.

Для обеспечения стабильности работы задающего генератора и усилителя мощности детали их должны быть высокого качества: конденсаторы постоянной емкости — КТК или КДК, подстроечные конденсаторы — типа КПК, резисторы — типа МЛТ-0,5, а катушки должны быть выполнены с особой тщательностью. С целью устранения паразитной связи между группами деталей на плате установлены экраны — пластинки из листового алюминия шириной 35 *мм* с лапками для крепления.

Транзисторы T_6 — T_8, которые могут быть типов П403, П416, П417 и другие высокочастотные транзисторы, со значениями $B_{ст}$ 80—150. Различие в коэффициенте усиления для транзисторов T_7 и T_8 не должно превышать 20—30%.

Каркас катушки L_1 выточи из органического стекла или полистирола по чертежам, показанным на рис. 427. Подстроечный сердечник (на рис. 427 — в середине) катушки выточи из алюминия, а в его пяточке сделай шлиц для отвертки. Перемещая сердечник внутри катушки, ты будешь перестраивать задающий контур на частоты 28,0—28,2 *Мгц*. Во избежание самопроизвольного вывинчивания сердечника между ним и внутренней поверхностью каркаса вставь кусочек резины сечением 1 × 1 *мм*. Эту катушку намотай проводом ПЭВ 0,4—0,5, уложив на каркасе 10 витков. Более точно число витков установишь в процессе налаживания задающего генератора.

Катушки L_2 и L_3 намотай на двухсекционном каркасе, выточенном из органического стекла по чертежам на рис. 428. Катушка L_2 должна содержать 14 витков провода ПЭВ 0,5, уложенных по 7 витков в каждой секции, с шагом намотки 1 *мм*.

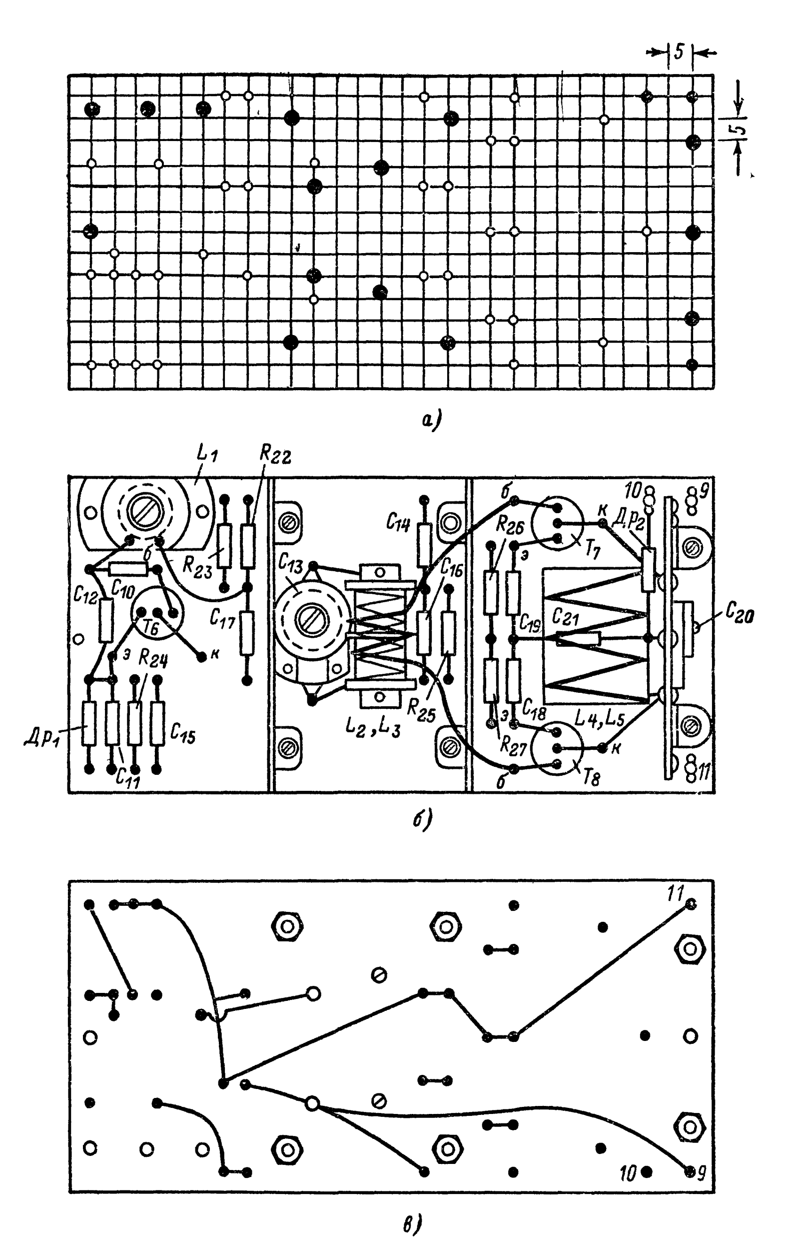


Рис. 426. Монтажная плата задающего генератора с усилителем мощности передатчика.

а — разметка отверстий на плате; *б* — вид на монтаж сверху, *в* — вид на монтаж снизу.

Катушку L_3 намотай проводом диаметром 0,8 *мм* в хлорвиниловой изоляции поверх катушки L_2. Всего она должна содержать 4 витка — по 2 витка в каждой секции, намотанных в разные стороны. Наматывай ее так: кусок провода длиной 300 *мм* оголи в середине на длине 50 *мм*, сложи вдвое, а оголенный участок скрути и пропаяй — это будет средний вывод катушки. Закрепи его в прорези среднего

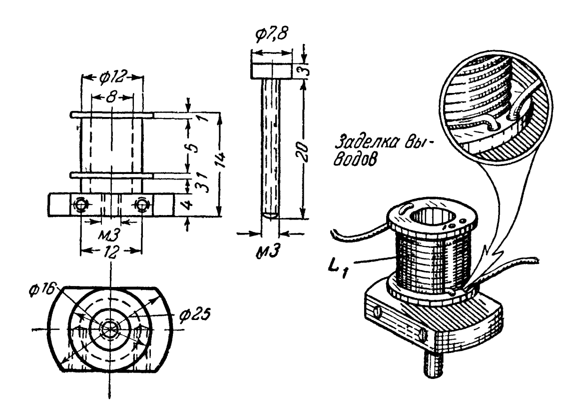


Рис. 427. Катушка L_1 задающего генератора.

фланца каркаса, а половинки провода намотай в разных направлениях. Крайние витки катушки аккуратно закрепи шелковой ниткой. Длинные выводы катушки L_3 пойдут к базам транзисторов T_7 и T_8.

Катушки L_4 и L_5 (рис. 429) бескаркасные, причем катушка L_4 имеет пластинки, скрепляющие витки. Обе катушки вместе с подстроечным конденсатором C_{20} смонтируй на пластинке из органического стекла, которую затем прикрепишь

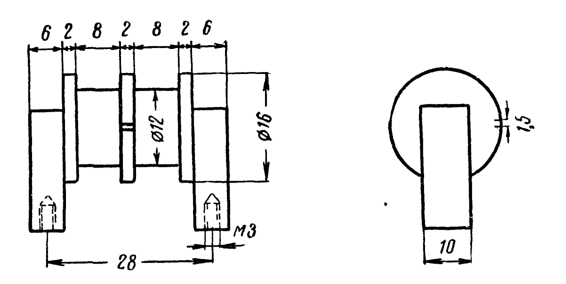


Рис. 428. Каркас катушек L_2 и L_3 задающего генератора

к плате в вертикальном положении. Для обеих катушек подойдет медный посеребренный, с эмалевой изоляцией или в крайнем случае голый медный провод диаметром 1,8—2 *мм*.

Катушку L_4 намотай на каком-либо круглом предмете диаметром 20—21 *мм*, уложив плотным рядом 9—10 витков. Концы провода откуси, чтобы в спирали остались только целые витки. Заготовь из органического стекла две пластинки шириной 5 и длиной по 25—28 *мм* Просверли в них отверстия, равные по диаметру проводу. Расстояние между центрами отверстий 3 *мм*. Затем вверни один за дру-

гим витки спирали в отверстия пластинок. В окончательном виде катушка L_4 должна иметь 8 витков. Концы провода, не входящие в это число витков, отогни и выправь — это будут выводы, которыми катушку припаяешь к контактным ламелям на пластинке. Отвод сделай точно от середины катушки гибким изолированным проводником.

Катушка L_5 имеет 2 витка с наружным диаметром 15—16 *мм*, расстояние между витками 2 *мм*. Ее надо разместить точно в центре катушки L_4 (без соприкосновения с нею) и припаять выводами к крайним ламелям.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ намотай на резисторах типа МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 30 *ком*, уложив на их корпуса внавал по 60 витков провода ПЭВ 0,12—0,15.

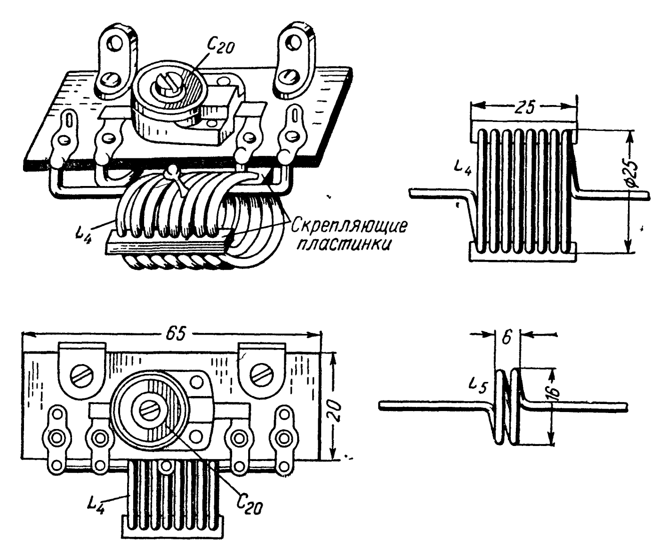


Рис. 429. Катушки усилителя мощности и монтаж их на панели.

Детали высокочастотной части передатчика размещай на плате, придерживаясь монтажных схем, приведенных на рис. 426, что избавит тебя от случайных ошибок. Все соединительные проводники должны быть возможно более короткими. Транзисторы впаивай по мере настройки каскадов: сначала транзистор T_6 задающего генератора, затем, когда наладишь этот каскад, транзисторы T_7 и T_8 усилителя мощности.

Когда смонтируешь задающий генератор, подведи к ламелям 9 и *11* платы питающее напряжение 12 *в*. Если ошибок в монтаже нет и детали предварительно проверены, генератор должен сразу же начать работать. Потребуется только установить диапазон колебаний генерируемых им частот 28,0—28,2 *Мгц*, что можно сделать по резонансному волномеру.

Схема и конструкция простого резонансного волномера показана на рис. 430. Он представляет собой детекторный приемник, на выход которого (зажимы *а* и *б*) подключают индикатор настройки — микроамперметр или телефоны. Шкалу прибора градуируют в частотах.

Катушку волномера намотай медным проводом толщиной 1,5—1,8 *мм* на каркасе диаметром 32 *мм*, например, пластмассовом цоколе от негодной радиолампы типа 6Н87, 6П6С или им подобной. Число витков 7, расстояние между витками 1,5—2 *мм*. Концы катушки закрепи в отверстиях, просверленных в каркасе.

Конденсатор C_2 — подстроечный с воздушным диэлектриком или керамический типа КПК-1. При таких данных контура волномер перекрывает диапазон частот примерно от 25 до 32 *Мгц*.

Используя конденсатор КПК, удлини ось его ротора, припаяв к ней снизу кусок толстой проволоки, на который можно насадить ручку с указателем настройки прибора. Детектор $Д_1$ — любой точечный диод. Микроамперметр на ток 100—500 *мка*.

Детали прибора смонтируй на гетинаксовой пластинке, которую бы удобно было держать в руке.

Для градуирования шкалы волномера тебе придется обратиться в местный радиоклуб, в радиолабораторию станции или клуба юных техников, дома или дворца пионеров, где есть УКВ сигнал-генератор. К выходным зажимам сигнал-генератора подключи катушку из 3—4 витков диаметром 25—30 *мм*, а возле нее расположи катушку волномера. Подав на выход сигнал-генератора сигнал с частотой 28,85 *Мгц*, промодулированный колебаниями звуковой частоты, настрой на него контур волномера. В момент разонанса в телефонах, подключенных к выходным зажимам волномера, должен отчетливо прослушиваться звуковой тон модуляции, а стрелка микроамперметра, подключенного вместо телефонов, должна давать наибольшее отклонение. Изменяя индуктивность катушки контура волномера путем сближения ее витков или увеличением расстояния между ними, добейся, чтобы настройка волномера на эту частоту сигнал-генератора была при средней емкости контурного конденсатора C_1. Затем, уже не трогая витков катушки, проградуируй всю шкалу частот, перекрываемых волномером. Закончив градуировку шкалы волномера, сразу же витки катушки приклей к ее каркасу клеем БФ-2, чтобы они не сползали. Иначе может измениться собственная частота контура, нарушиться градуировка шкалы прибора.

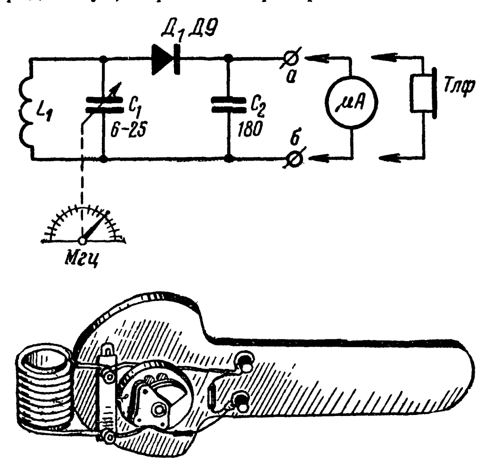


Рис. 430. Резонансный волномер.

Теперь, пользуясь резонансным УКВ волномером как эталоном, ты должен настроить контур задающего генератора на диапазон частот 28,0—28,2 *Мгц*. Делают это так. Катушку волномера поднеси к катушке L_1 контура генератора на расстояние 2—3 *см*. При этом ротор подстроечного конденсатора C_{13} установи в положение средней емкости, а цепи база — эмиттер транзисторов T_7 и T_8, не впаянных пока в усилитель мощности, замени их эквивалентными: параллельной цепочкой из резистора сопротивлением 100 *ом* и конденсатора емкостью 24 *пф*. Если перемещением сердечника катушки L_1 настроиться на нужную частоту не удается, то соответственно изменяй число витков катушки. Если частота слишком низкая, отмотай 1—2 витка и опять попробуй настроиться. Если частота велика, число витков следует увеличить. Подгонку индуктивности катушки L_1 можешь считать законченной, если при среднем положении сердечника задающий генератор работает на частоте, близкой к 28,1 *Мгц*.

Переходя к настройке контура L_2C_{13}, собери на плате две дополнительные измерительные цепи, показанные на рис. 431 справа. Диоды типа Д9 или Д2 припаяй непосредственно к тем монтажным шпилькам, к которым должны подключаться базовые выводы транзисторов T_7 и T_8 (на рис. 426 и 431 — точки *а* и *б*). Вращая ротор конденсатора C_{13}, добейся максимальных показаний микроампер-

метров. Если показания приборов отличаются больше чем на 20—30%, то придется переделать катушку L_3, домотав часть витков в той секции, которая показывает меньший ток.

После настройки задающего генератора дополнительные измерительные цепи и детали удали, впаяй транзисторы T_7 и T_8 и переходи к налаживанию усилителя мощности.

Настройку колебательного контура L_4C_{20} в резонанс с частотой генератора производи в такой последовательности. Антенную катушку L_5 нагрузи на резистор сопротивлением 75 *ом*, соответствующий сопротивлению излучения настроенной антенны. Параллельно этому резистору подключи такую же измерительную цепь, какую ты подключал к одному из плеч катушки L_3, но с миллиамперметром на ток 5 *ма*. В момент настройки контура L_4C_{20} в резонанс с частотой генератора показание прибора должно быть максимально.

Вращение роторов подстроечных конденсаторов C_{13} и C_{20}, изменяя их емкости, производи отверткой, изготовленной из органического стекла, эбонита или другого диэлектрического материала.

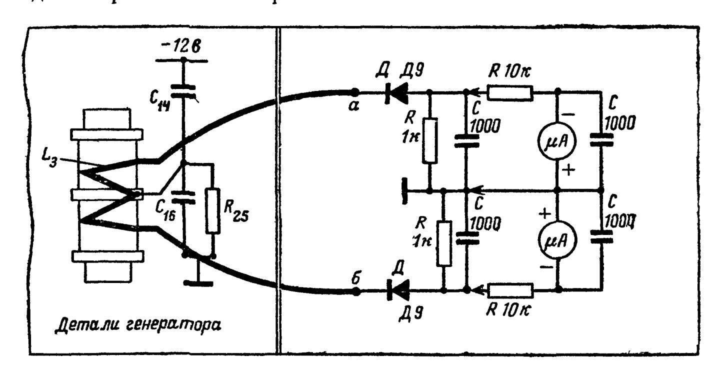


Рис. 431. Дополнительные измерительные цепи для настройки задающего генератора.

Симметричность работы выходных транзисторов проще всего определить, сравнивая постоянные напряжения на резисторах R_{26} и R_{27}. При одинаковых импульсах коллекторного тока обоих транзисторов эти напряжения равны. Если они не равны, то замени транзисторы T_7 и T_8 новыми с одинаковыми параметрами.

Все элементы передатчика, включая антенну, кнопки управления, батарею и выключатель питания, укрепи на лицевой панели его футляра (рис. 432) и соедини многожильными проводниками в хлорвиниловой изоляции. Эту панель вырежь из листового алюминия или железа толщиной 1,5—1,8 *мм*. Отверстия в панели сверли с учетом размеров деталей. Если у тебя не окажется подходящих кнопок, замени их тумблерами.

Плату задающего генератора с усилителем мощности и плату модулятора крепи к панели на трубчатых стойках длиной 30—35 *мм*, а батарею питания (три батареи КБС-Л-0,50) — с помощью жестяных хомутов.

Антенна передатчика — кусок толстой медной проволоки, алюминиевой или латунной трубки длиной 1,6 *м*. Опорами антенны служат стойки. Нижняя стойка является одновременно контактной, соединяющей катушку связи L_5 выходного каскада передатчика с антенной. Верхняя стойка только удерживает антенну в вертикальном положении; ее надо выточить из изоляционного материала. Антенну желательно сделать разборной из четырех колен длиной по 40 *см*, соединяющихся подобно коленам удилища с помощью втулок или вкладышей. Разумеется, соединительные детали должны обеспечивать надежные контакты и прочность антенны в целом.

Рис. 432. Монтаж передатчика в футляре.

Все соединения узлов и деталей передатчика делай многожильным проводом в хлорвиниловой изоляции, руководствуясь принципиальной схемой передатчика (рис. 424).

Футляр передатчика — алюминиевая или железная коробка по размерам передней панели и глубиной 75—80 *мм*. Если у тебя найдется металлическая коробка подходящих размеров, ее также можно использовать в качестве футляра, изменив соответственно размеры передней панели, но сохранив на ней то размещение деталей, которое рекомендовалось (рис. 432).

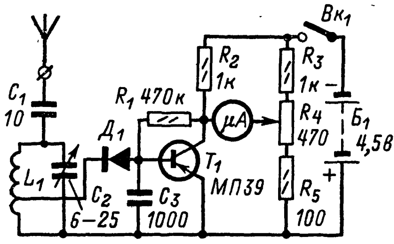


Рис. 433. Схема индикатора напряженности поля.

Для проверки работы передатчика в целом тебе придется собрать индикатор напряженности поля, схема которого показана на рис. 433. Этот прибор представляет собой детекторный приемник с транзисторным усилителем постоянного тока, на выход которого включен по схеме измерительного моста микроамперметр. Питание индикатора осуществляется от батареи КБС-Л-0,50.

Контурная катушка L_1, конденсатор настройки C_2 и детектор $Д_1$ точно такие же, как в резонансном волномере (см. рис. 430). Детектор подключи к 3-му

витку катушки, считая от нижнего конца. Транзистор с коэффициентом усиления $B_{ст}$ не менее 60; микроамперметр на ток 100—500 *мка*. Переменный резистор R_4 служит для установки стрелки микроамперметра на «нуль» перед началом измерений. Антенна прибора — кусок медной или латунной проволоки длиной 50—60 *см* и диаметром 2,5—3 *мм*.

Индикатор напряженности поля, как и волномер, градуируй с помощью УКВ сигнал-генератора. Отградуированным прибором можно пользоваться и как волномером.

Индикатор должен быть переносным, чтобы можно было производить измерения в различных точках вокруг антенны передатчика. Что же касается его конструкции, то она может быть произвольной. Важно лишь, чтобы футляр был металлическим, выполняющим роль экрана. Иначе сигналы передатчика могут по-

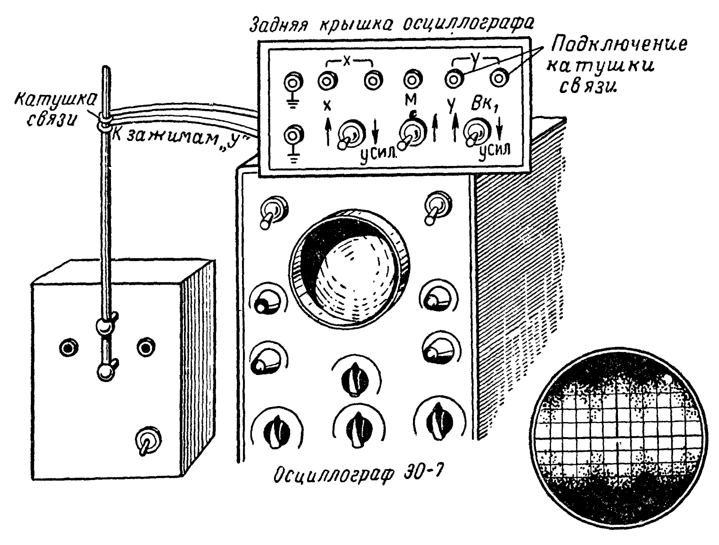


Рис. 434. Проверка работы передатчика с помощью осциллографа.

падать на колебательный контур, минуя антенну, и показания прибора могут быть ошибочными. При точной настройке контура индикатора на несущую частоту передатчика стрелка микроамперметра должна отмечать незначительные, но все же заметные показания. По мере улучшения настройки выходного каскада передатчика и согласования с ним антенны микроамперметр индикатора должен показывать увеличивающийся ток, что свидетельствует о повышении мощности радиоволн, излучаемых антенной передатчика. При этом положение измеряющего человека по отношению к антенне индикатора напряженности поля не должно изменяться. В противном случае показания прибора будут «плавающими».

Проверяя работу своего передатчика, индикатор напряженности поля расположи на расстоянии одного -двух метров от него. Поскольку задающий генератор с усилителем мощности и модулятор предварительно проверены и налажены, при включении питания стрелка прибора индикатора должна отклониться на несколько делений. Это укажет на исправную работу передатчика. Подстрой индикатор по частоте — стрелка прибора отклонится за пределы шкалы. Отнеси индикатор на бóльшее расстояние так, чтобы стрелка прибора оказалась примерно в средней части шкалы. Если же индикатор при включенном передатчике ничего не показывает, то неисправность ищи только в монтаже его передней панели.

Проверить работу передатчика можно также с помощью осциллографа любого типа (рис. 434). Набрось на антенну передатчика два-три витка провода в хлор-

виниловой изоляции, а концы провода подключи непосредственно к зажимам отклоняющих пластин осциллографа (зажимы *У*). При частоте развертки, в 5—10 раз меньшей, чем частота модуляции, на экране осциллографа будет видна светящаяся полоса высотой 10—20 *мм*. Нажми одну из кнопок управления передатчиком — светящаяся полоса промодулируется (будет «прорезана») более часто, а именно — с частотой командного сигнала.

Окончательно проверка качества работы передатчика производится совместно с приемником радиоуправляемой модели.

Приемник радиоуправляемой модели

Принципиальная схема приемной аппаратуры, рассчитанной на совместную работу с передатчиком, рассказ о котором мы только что закончили, показана на рис 435. Она, как и передатчик, двухкомандная Число исполнительных команд можно увеличить добавлением селективных электронных реле.

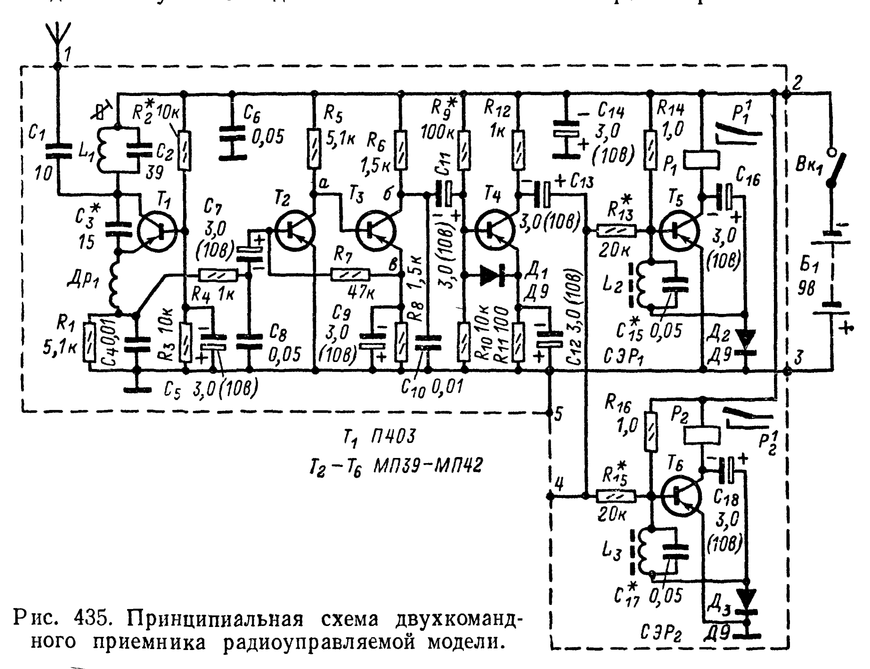


Рис. 435. Принципиальная схема двухкомандного приемника радиоуправляемой модели.

Первый каскад на транзисторе T_1 работает в режиме сверхрегенеративного детектора, обеспечивающего приемнику необходимую чувствительность.

Чем отличается сверхрегенератор от обычного регенератора-детектора с положительной обратной связью? Регенератор, как ты помнишь, работает в режиме, близком к порогу генерации. Достаточно немного увеличить обратную связь, как он самовозбуждается и становится генератором колебаний высокой частоты. Сверхгенератор же работает на самом пороге генерации. Но собственные колебания в его контуре имеют не постоянный, как в регенераторе, а прерывистый характер — они возникают «вспышками». Частота этих вспышек, именуемая частотой гашения, определяется режимом транзистора. В остальном сверхгенератор работает так же, как обычный регенератор, т. е. детектирует модулированные

колебания высокой частоты и усиливает колебания низкой частоты. Благодаря прерывистой генерации сверхрегенератор обладает исключительно высокой чувствительностью, с которой не могут соперничать даже многие супергетеродины, не говоря уже о приемниках прямого усиления.

Характерная особенность в работе сверхрегенератора — шум в телефоне, напоминающий шипение примуса. Но он слышен только тогда, когда нет приема. Когда же в контуре появляются модулированные колебания принятого сигнала, этот шум пропадает.

Колебательный контур L_1C_2, являющийся входным контуром сверхрегенеративного детектора приемника, настраивают на частоту 28,0—28,2 *Мгц*. Частота гашения определяется данными цепочки R_1C_4 и равна 60—100 *кгц*. Наивыгоднейший режим сверхрегенератора устанавливают резистором R_2, для чего его сопротивление в процессе налаживания приемника изменяют в пределах 2—15 *ком*, добиваясь от каскада максимальной чувствительности. Устойчивость работы сверхрегенеративного каскада достигается небольшим изменением емкости конденсатора C_3.

Как приемник работает? Командный сигнал, посланный передатчиком, наводится в антенне и через конденсатор C_1 подается в колебательный контур L_1C_2. Катушка L_1 имеет алюминиевый сердечник, которым изменяют ее индуктивность С помощью этого сердечника входной колебательный контур приемника настраивают на несущую частоту передатчика.

Выделенный колебательным контуром L_1C_2 командный сигнал детектируется и усиливается транзистором T_1. В результате на резисторе R_1 выделяется переменное напряжение с частотой, равной частоте модуляции передатчика, т. е. командного сигнала. На на этом резисторе выделяется еще и напряжение частоты гашения сверхрегенератора (60—100 *кгц*), амплитудное значение которого больше напряжения полезного командного сигнала. Поэтому между сверхрегенератором и вторым каскадом приемника включен фильтр R_4C_8, пропускающий полезный сигнал и задерживающий (фильтрующий) напряжение частоты гашения. Без такого фильтра последующие каскады будут забиты напряжением частоты гашения и приемник не будет реагировать на командный сигнал. В хорошо налаженном сверхрегенеративном каскаде на выходе такого *RC*-фильтра напряжение полезного сигнала должно быть равно 3—5 *мв*.

С выхода фильтра R_4C_8 командный сигнал через разделительный конденсатор C_7 поступает на базу транзистора T_2 первого каскада усилителя напряжения низкой частоты, а с его нагрузочного резистора R_5 — непосредственно на базу транзистора T_3 второго каскада усилителя. Нагрузкой транзистора второго каскада служит резистор R_6. Создающееся на нем напряжение командного сигнала подается на вход ограничительного каскада, а с его выхода — на вход дешифратора.

Смещение на базу транзистора T_2 подается с эмиттерного резистора R_8 транзистора T_3 через резистор R_7 .Через резистор R_7, кроме того, осуществляется отрицательная обратная связь по току между транзисторами T_3 и T_2, что термостабилизирует работу этих каскадов приемника. Смещение на базе транзистора T_3 зависит от режима работы транзистора T_2, так как связь между транзисторами непосредственная.

Ограничительный каскад на транзисторе T_4 и дешифратор этого приемника являются точным повторением аналогичных узлов приемника звукоуправляемой модели (см. схему на рис. 414), только изменены данные некоторых деталей. Поэтому говорить здесь о работе этих узлов и настройке фильтров селективных электронных реле считаю излишним. А если тебе что-то будет непонятным, то почитай начало этой беседы.

Для питания приемника нужна батарея «Крона ВЦ» или аккумуляторная батарея 7Д-0,1. Можно, конечно, составить ее из двух батарей КБС-Л-0,5, но тогда несколько увеличится общий вес приемной аппаратуры. Ток, потребляемый приемником от батареи, около 20 *ма*.

Приемник вместе с его дешифратором монтируй точно так же, как приемник звукоуправляемой модели. Примерные размеры платы и схема размещения на ней деталей показаны на рис. 436.

Конструкции и данные катушки L_1 входного контура сверхрегенератора и дросселя $Др_1$ этого каскада точно такие, как конструкции и данные катушки L_1 (см. рис. 427) и дросселя $Др_1$ передатчика.

Катушки L_2 и L_3 фильтра $СЭР_1$ и $СЭР_2$ и электромагнитные реле P_1 и P_2 ничем не отличаются от таких же элементов дешифратора приемника звукоуправляемой модели (см. стр. 385—387). И если ты построил и наладил приемник той модели, то теперь тебе несложно переделать его на приемник радиоуправляемой модели.

Коэффициент усиления $B_{ст}$ транзистора T_1 — не менее 80—100, остальных транзисторов не менее 40.

В качестве антенны приемника используй отрезок многожильного провода толщиной 0,25—0,3 *мм* и длиной 60—100 *см* в хлорвиниловой изоляции.

Готовый приемник помести в футляр из листового органического стекла, защищающий его от механических повреждений. На одной из стенок футляра укрепи две ламели (на схеме — контакты *4* и *5*), которые будут служить выводами для подключения телефона при наладке аппаратуры в полевых условиях.

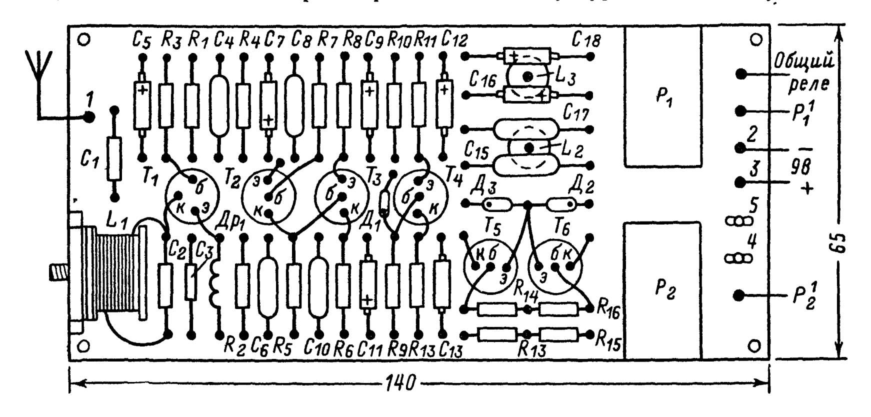


Рис. 436. Монтажная плата приемника.

Налаживание приемника, как и приемника управляемой звуком модели, начинай с проверки и настройки фильтров дешифратора на командные частоты передатчика (см. стр. 387—389). Эту работу можешь считать законченной, если частотные характеристики фильтров окажутся близкими к кривым *4* и *5*, показанным на рис. 419.

При налаживании ограничительного каскада на транзисторе T_4 строго придерживайся методики налаживания такого же каскада приемника управляемой звуком модели.

Приступая к налаживанию сверхрегенератора, проверь напряжение в точках *а*, *б* и *в* (см. принципиальную схему). В точке *а* относительно плюсового проводника напряжение питания должно быть примерно 2 *в*, в точке *б* — 6 *в*, в точке *в* 1,9 *в*.

О том, как установить наивыгоднейший режим работы сверхрегенератора, я тебе уже сказал, как только начал разговор о работе этого приемника. Вообще же налаживание сверхрегенератора сводится в основном к подбору сопротивления R_2 делителя напряжения R_2, R_3. Вместо него можно впаять переменный резистор сопротивлением 47—51 *ком* и с помощью его добиваться характерного для сверхрегенератора «суперного» шума в высокоомных телефонах, подключенных к ламелям *4* и *5*.

Затем отойди от передатчика на расстояние 3—5 *м*. Попроси товарища подавать непрерывно передатчиком командный сигнал, а ты, изменяя сердечником

индуктивность катушки L_1 входного контура, настраивай приемник на несущую частоту передатчика. Если только сердечником не удастся точно настроить контур на частоту передатчика, подбирай емкость конденсатора C_2 этого контура. При точной настройке на командный сигнал передатчика селективное электронное реле должно сработать.

После такой проверки приемника его можно ставить на модель — он не подведет.

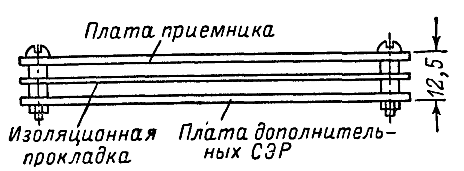


Рис. 437. Платы приемника с дополнительными селективными электронными реле.

Если для радиоуправления моделью потребуется число команд больше двух, то сделай еще одну плату таких же размеров, как плата приемника, смонтируй на ней дополнительные СЭР дешифратора и свинти ее с платой приемника, как показано на рис. 437. Общее число команд может быть доведено до восьми. В этом случае и передатчик придется дополнить соответствующим числом частотозадающих цепочек резисторов мультивибратора модулятора и кнопок. Кнопки можно заменить рычагом управления передатчиком.

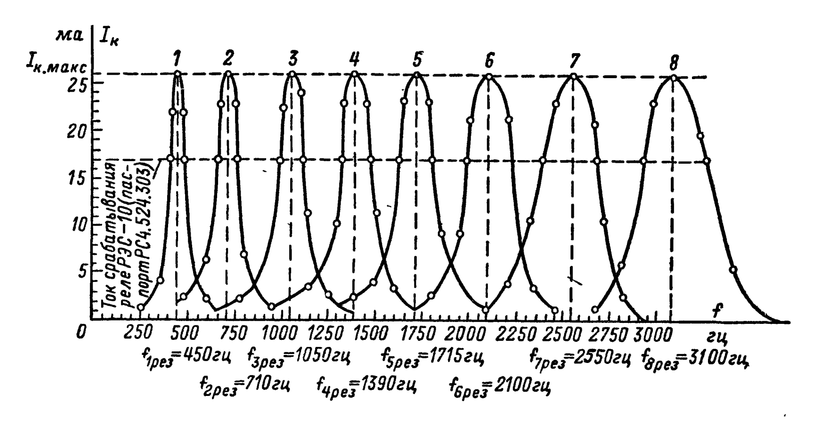


Рис. 438. Кривые резонансных характеристик фильтров дешифратора восьмикомандной приемной аппаратуры.

Резонансные характеристики фильтров дешифратора восьмикомандной приемной аппаратуры могут быть такими, как изображенные на рис. 438. Восьми команд будет вполне достаточно для управления любой моделью, какой бы ты ее не задумал.

* * *

В этой беседе я рассказал тебе лишь о принципе работы, конструкциях и налаживании радиотехнических средств телеуправления моделями. Что же касается исполнительных механизмов, по этому вопросу тебе придется обратиться к специальной литературе, например, к книге Ю. Отряшенкова «Азбука радиоуправления моделями» («Детская литература», 1965 г.). Об этом можно прочитать и в журнале «Моделист-конструктор».

О

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ЧЕТВЕРТАЯ

На страже Родины

Недавно мы, советские люди, отпраздновали полувековой юбилей наших славных Вооруженных Сил, бдительно стоящих на страже завоеваний Октября, мирного труда нашего народа-созидателя.

Наши Вооруженные Силы располагают разнообразной техникой связи, обеспечивающей оперативное управление войсками в любых условиях. Исключительно важное место в общем комплексе средств связи занимает радиосвязь. Опыт Великой Отечественной войны, навязанной нам фашизмом, подтвердил первостепенную роль радиосвязи в руководстве боевыми операциями. Что же касается авиации и Военно-Морского флота, то здесь радио является единственно возможным видом связи. Высокая честь быть военным радистом!

Тебе, когда придет время надеть солдатскую шинель или матросский бушлат, тоже, возможно, доверят технику радиосвязи. Вот почему в этой беседе хочу познакомить тебя с некоторыми видами радиосвязи в военном деле.

Радиостанция — оружие радиста

В арсенале Вооруженных Сил имеются переносные, автомобильные, танковые, самолетные, корабельные и другие радиостанции. Разные по принадлежности к родам войск и работающие на разных диапазонах волн, все они призваны обеспечивать надежную связь войсковых частей в любых условиях мирной или боевой обстановки. Каждая радиостанция — это, образно выражаясь, оружие в руках радиста. Я же расскажу тебе более подробно лишь о небольшом «семействе» переносных приемно-передающих УКВ радиостанций типов Р-105, Р-108 и Р-109.

Эти радиостанции можно назвать близнецами, потому что внешне и конструктивно они абсолютно одинаковы, идентичны и их принципиальные схемы. Разница только в диапазонах рабочих частот: радиостанция Р-105 перекрывает диапазон от 36,0 до 46,1 *Мгц*, Р-108—от 28,0 до 36,5*Мгц*, Р-109—от 21,5 до 28,5 *Мгц*. Все же они охватывают полосу частот УКВ диапазона от 21,5 до 41,1 *Мгц*, что соответствует радиоволнам длиной от 13,95 до 6,1 *м*. Они могут работать на ходу при переноске их радистами, в движении автомобиля по различным дорогам и в стационарных условиях. Станции сохраняют работоспособность при температуре от 40° мороза до 50° жары. Эти радиостанции, между прочим, широко используются и для соревнований радиолюбителей-спортсменов, в том числе и соревнований юных радиоспортсменов.

Как устроены и работают эти радиостанции?

Внешний вид радиостанции Р-105 показан на рис. 439. Так выглядит все «семейство» этих УКВ радиостанций. Внутренняя часть корпуса, именуемого р а н ц е м, разделена глухой перегородкой на два отсека. В переднем отсеке находится сам приемопередатчик с вибрационным преобразователем низкого напряжения батареи питания в высокое напряжение, необходимое для питания анодно-экранных цепей радиоламп, а в заднем отсеке — аккумуляторная батарея и вспомогательное оборудование. На верхней стенке ранца — ручка для переноски станции, а на боковой — петли для крепления заплечных ремней.

В рабочий комплект радиостанции входят также м и к р о т е л е ф о н н а я г а р н и т у р а — объединенные в одно целое микрофон и телефон с кнопочным

переключателем *Прием-передача*, именуемый военными радистами тангентой, штыревая антенна, противовес — система проводников, выполняющих роль заземления, лучевая антенна и некоторое другое вспомогательное имущество. В зависимости от условий работы, микротелефонная гарнитура может быть подключена к приемопередатчику через колодку на лицевой панели или колодку на верхней стенке ранца. На ходу, например, когда станция за плечами радиста, микротелефонная гарнитура подключена к приемопередатчику через колодку на ранце.

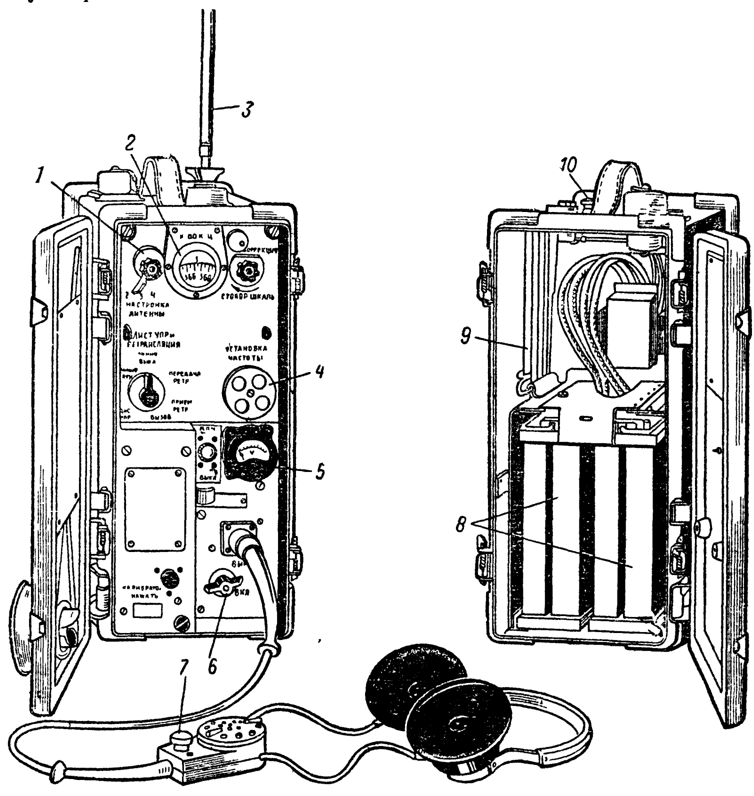


Рис. 439. Радиостанция Р-105.

1 — ручка настройки антенны; *2* — шкала настройки приемопередатчика; *3* — антенна; *4* — ручка установки рабочей частоты приемопередатчика; *5* — прибор проверки источников питания; *6* — выключатель питания; *7* — кнопка переключателя *Прием-передача*; *8* — аккумуляторная батарея; *9* — удлинительные колена штыревой антенны; *10* — зажим заземления (противовеса).

Об устройстве и работе приемопередатчика этих станций я расскажу по их блок-схеме, изображенной на рис. 440. Приемопередатчик построен по трансиверной схеме. Это значит, что часть его каскадов и отдельных деталей, контуров используется как во время передачи, так и во время приема. Переключение станции с передачи на прием и обратно осуществляется тангентой на корпусе микрофона микротелефонной гарнитуры. При этом электромагнитное реле (на блок-схеме не показано), управляемое тангентой, переключает цепи питания и элементы приемопередатчика соответственно видам работы станции.

На блок-схеме те каскады и контуры, которые используются при обоих видах работы, обведены двойными линиями. Линиями со стрелками показаны связи между элементами приемопередатчика.

Передатчик каждой из описываемых здесь радиостанций трехкаскадный: каскад на лампе $Л_2$—задающий генератор, или, как его чаще называют, в о з б у д и т е л ь, каскад на лампе $Л_1$ — усилитель мощности, каскад на лампе $Л_3$ — частотный модулятор. Задающий генератор, преобразующий энергию постоянного тока в электрические колебания рабочей частоты передатчика, при работе станции на прием выполняет роль гетеродина приемника. И еще одна особенность генератора передатчика — его лампа является одновременно возбудителем высокочастотных колебаний и предварительным усилителем этих колебаний.

В некоторых из предыдущих бесед я упоминал о частотной модуляции. Многие бытовые приемники имеют УКВ ЧМ диапазон для приема местных радиовещательных станций с частотной модуляцией. С частотной модуляцией работают передат-

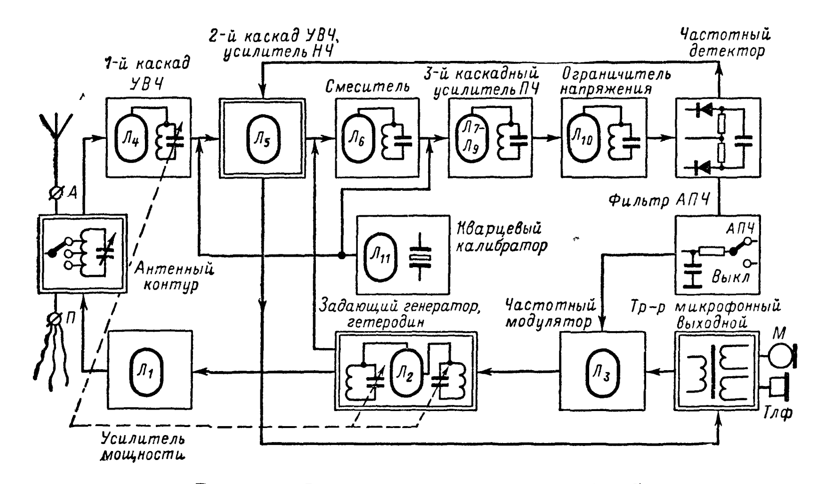


Рис. 440. Блок-схема радиостанции Р-105.

чики телевещательных центров и, разумеется, телевизоры. Так вот, в переносных *военных УКВ радиостанциях осуществляется частотная модуляция — электрические* колебания, поступающие в антенну, изменяются под воздействием звуковой частоты не по амплитуде, как на широковещательных станциях длинноволнового, средневолнового и коротковолнового диапазонах, а по частоте (рис. 441).

Роль такого модулятора в передатчиках УКВ станций выполняет каскад на лампе $Л_3$, именуемой в данном случае р е а к т и в н о й л а м п о й. Напряжение звуковой частоты от микрофона (на рис. 441 — график *а*) через микрофонный трансформатор (он же выходной трансформатор приемника) подается на управляющую сетку реактивной лампы, которая и изменяет энергию с частотой задающего генератора (на рис. 441 — график *б*). Частотно-модулированные колебания поступают в усилитель, а от него — через антенный контур в антенну. Антенна, следовательно, излучает частотно-модулированную электромагнитную энергию. Настройка антенны на наибольшую отдачу энергии осуществляется по стрелочному прибору на лицевой панели.

Приемник радиостанции супергетеродинного типа, с автоматической подстройкой частоты (АПЧ). Его первые два каскада на лампах $Л_4$ и $Л_5$ — усилитель высокой частоты, причем второй из них, на лампе $Л_5$, является и усилителем низкой частоты Преобразователь частоты состоит из смесителя на лампе $Л_6$ и отдельного гетеродина на лампе $Л_2$ (он же задающий генератор передатчика).

Преобразованные высокочастотные колебания усиливаются трехкаскадным усилителем промежуточной частоты, поступают в каскад ограничения напряжения сигнала на лампе $Л_{10}$, а от него к частотному детектору на полупроводниковых диодах. После детектирования колебания низкой частоты усиливаются лампой $Л_5$, через выходной трансформатор подаются к телефону и преобразуются им в звуковые колебания.

Промежуточная частота приемника — 1312,5 *кгц*. Когда радиостанцию переключают с передачи на прием, частота задающего генератора передатчика, работающего теперь как гетеродин приемника, увеличивается по всему перекрываемому диапазону волн точно на эту частоту.

Какова функция амплитудного ограничителя? Этот каскад, говоря упрощенно, срезает «всплески» частотно-модулированных колебаний, возникающих из-за различных помех и собственных шумов ламп приемника, ограничивая таким образом амплитуды колебаний. В результате на частотный детектор поступают колебания одинаковой амплитуды, но их частота изменяется с частотой модуляции передаваемого сигнала.

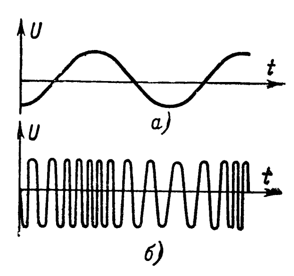


Рис. 441. Графики, иллюстрирующие принцип частотной модуляции.

а — колебания звуковой частоты; *б* — частото-модулированные колебания ВЧ.

В приемнике предусмотрена автоматическая подстройка частоты. Систему АПЧ образуют фильтр АПЧ и реактивная лампа $Л_3$, через которые частотный детектор соединяется с гетеродином преобразователя приемника. Если входной сигнал имеет некоторую расстройку по отношению к резонансной частоте детектора, то на выходе детектора, кроме сигнала звуковой частоты, возникает постоянное напряжение, величина и полярность которого зависят от высокочастотного сигнала на входе детектора. Это напряжение через реактивную лампу воздействует на частоту гетеродина, уменьшая таким образом расстройку приемника относительно частоты сигнала, на которую он настроен. При этом, правда, полоса частот пропускания приемника сужается, зато радист может вести бесподстроечную связь. Это очень удобно, особенно при работе на ходу: настроив приемопередатчик на заданную рабочую частоту, радисту уже не приходится во время связи производить его подстройку.

Шкала настройки приемопередатчика общая для передатчика и приемника. Она проградуирована в фиксированных частотах, именуемых так же ф и к с и р о в а н н ы м и в о л н а м и или каналами связи. Риски фиксированных частот нанесены на шкалу через каждые 50 *кгц*, а их порядковые номера — через 200 *кгц*, т. е. через каждые 4 фиксированных частоты. На шкале радиостанции Р-109, например, обозначено 141 фиксированных частот. Если номер фиксированной частоты умножить на 100, то получим рабочую частоту, выраженную в килогерцах. Например, рабочей частоте 245 на шкале радиостанции соответствует частота $245 \times 100 = 24\,500$ *кгц*, или 24,5 *Мгц*. Возрастание номеров фиксированных частот (волн) идет в направлении вращения ручки настройки по движению часовой стрелки.

Шкала снабжена линзой, увеличивающей нанесенные на нее риски и цифры, что повышает точность настройки приемопередатчика на заданную частоту. А чтобы настройка не сбилась, радист с помощью ручки *Стопор шкалы* на лицевой панели фиксирует в этом положении механизм настройки приемопередатчика.

Рассматривая блок-схему приемопередатчика, ты видишь на ней к в а р ц е в ы й к а л и б р а т о р. Это генератор высокой частоты, частота которого стабилизирована кварцем. Этот генератор — эталон, по которому проверяют градуировку шкалы приемопередатчика.

Ты, конечно, понимаешь, какое значение имеет градуировка шкалы. Ведь от нее зависит точность настройки станции на заданную частоту, а значит, и обеспечение уверенной радиосвязи. Вот кварцевый калибратор и служит для того,

чтобы радист мог проверить градуировку шкалы приемопередатчика, и если надо, то произвести корректировку.

Конструкторы позаботились о том, как предельно упростить работу на радиостанции. Радист должен лишь подключить к приемопередатчику аккумуляторную батарею, антенну и микротелефонную гарнитуру, установить на шкале заданную рабочую частоту, настроить антенну — и радиостанция готова к вхож-

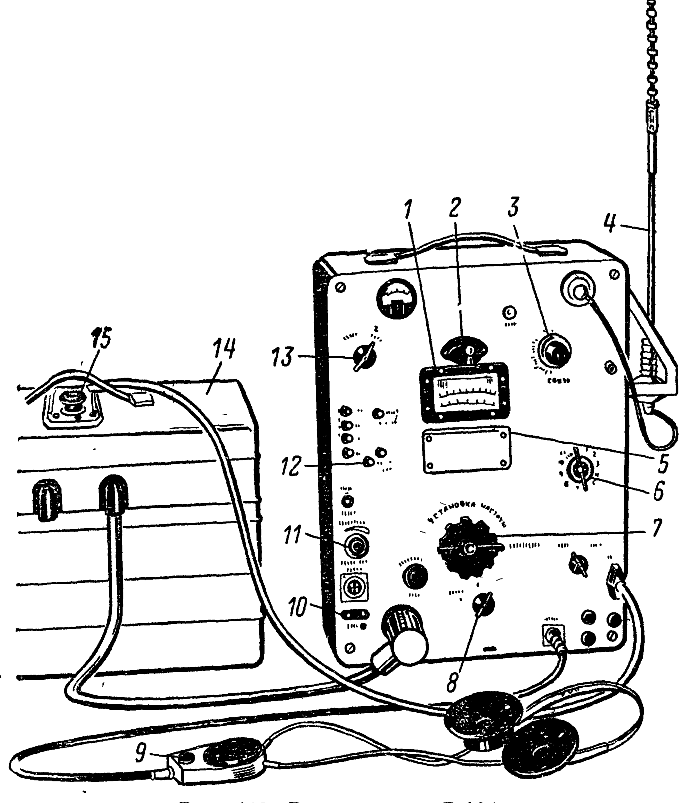


Рис. 442. Радиостанция Р-104.

1 — шкала настройки приемопередатчика; *2* — лампа подсвета шкалы; *3* — ручка подстройки связи с антенной; *4* — штыревая антенна; *5* — табличка для записей; *6* — ручки настройки антенны; *7* — ручка установки рабочей частоты; *8* — переключатель рода работы; *9* — кнопка переключателя *Прием-передача*; *10* — колодка для включения лампы переноски; *11* — ручка регулятора громкости; *12* — кнопка контроля частоты приемопередатчика с помощью кварцевого генератора; *13* — ручка переключателя поддиапазонов; *14* — упаковка питания; *15* — телеграфный ключ.

дению в связь. А установив двустороннюю связь, радисту остается только нажимать и отпускать кнопку переключателя на микрофонной гарнитуре, чтобы передавать и принимать нужные сообщения. Передача и прием ведутся на одной и той же частоте.

Тебя, конечно, интересует «дальнобойность» тех радиостанций, о которых я здесь рассказал. Сравнительно небольшая. Ведь это же маломощные УКВ радиостанции: мощность их передатчиков всего 1 *вт*. Дальность связи с однотип-

ной радиостанцией зависит от применяемых антенн, рельефа местности и некоторых других условий При работе с гибкой штыревой антенной высотой 1,5 *м* дальность связи достигает 6 *км*. Если использовать ту же штыревую антенну, но с помощью трубок-колен, входящих в рабочий комплект станции, увеличить ее высоту до 2,7 *м*, дальность связи возрастет до 8 *км*. При работе с лучевой антенной, подвешенной на высоте 1 *м*, устойчивая связь может быть осуществлена на расстоянии до 15 *км*, а с той же антенной, но поднятой на высоту 6 *м*, — до 25 *км*

К числу переносных относится и радиостанция Р-104. Радиостанцию этого типа ты видишь на рис. 442. Это коротковолновая радиостанция, рассчитанная на работу как в телефонном, так и в телеграфном режимах. Выходная мощность передатчика в телеграфном режиме достигает 3,5 *вт*, а в телефонном — 1 *вт*. Дальность связи в зависимости от режима работы и используемой антенны без дополнительных усилительных устройств может быть до 50 *км* и больше.

Весь диапазон частот—от 1 500 *кгц* (длина волны 200 *м*) до 4 250 *кгц* (длина волны около 70 *м*), перекрываемый радиостанцией имеет 275 каналов связи — фиксированных рабочих частот, через каждые 10 *кгц*.

Радиостанция обеспечивает вхождение в связь и ведение двусторонней связи без подстройки с использованием для передачи и приема одной и той же фиксированной частоты.

Радиостанция Р-104, как и радиостанции Р-105, Р-108 и Р-109, используется и в радиоспорте, например, на соревнованиях по работе в радиосети (рис. 443), в качестве «лисы».

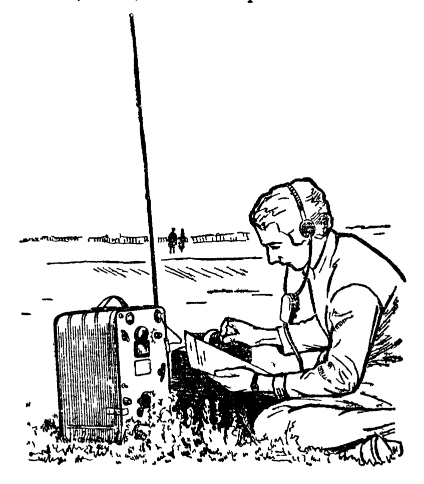


Рис. 443. Радиостанция Р-104 в радиоспорте.

Говоря о переносных военных радиостанциях, нельзя не вспомнить о ветеране Великой Отечественной войны — радиостанции РБМ. В руках умелых радистов эти маломощные телефонно-телеграфные КВ радиостанции обеспечивали надежную и устойчивую связь в любых, самых сложных условиях боевой обстановки.

Сейчас в Вооруженные Силы пришла новая техника, а «старушки эр-бэ-эмки», как их любовно называют бывшие воины, переданы в распоряжение организаций ДОСААФ — для изучения их будущими воинами, для радиоспорта Есть они и во внешкольных учреждениях, где вместе с другими ребятами ты можешь овладеть техникой ведения связи на этих радиостанциях.

Как организуется связь

Прежде всего — о видах ведения радиосвязи. Различают два вида ведения двусторонней связи· д у п л е к с н у ю и с и м п л е к с н у ю При дуплексной связи радисты могут работать на передачу и прием одновременно и независимо друг от друга Если принимающий что-то не понял, например из-за какой-то помехи, он, воспользовавшись кратковременной паузой, может перебить работу передающего, чтобы уточнить содержание сообщения. Для такого вида связи радисты должны располагать двумя приемопередающими станциями или раздельно передатчиком и приемником, работающими независимо один от другого — так же, как на подавляющем большинстве любительских коллективных радиостанций.

При симплексной связи радисты работают на передачу и прием поочередно: один передает, а другой в это время принимает, затем, наоборот, второй передает, а первый принимает. При таком виде связи перебой радиста, работающего на передачу, исключен. Все приемо-передающие станции, построенные по трансиверной схеме, рассчитаны на ведение только симплексной связи.

Независимо от вида ведения связи, существуют два основных способа организации двусторонних радиосвязей — по радионаправлению и радиосети.

Схема связи по радионаправлению, т. е. в каком-то одном направлении, показана на рис. 444. В этом случае два радиста этого радионаправления работают только между собой. При таком способе связь может быть весьма устойчивой и к тому же дуплексной.

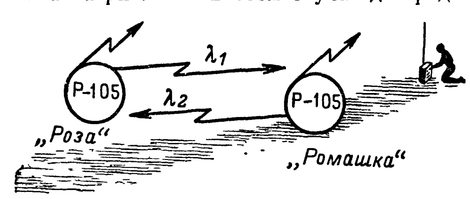


Рис. 444. Схема связи по радионаправлению.

Поскольку радистам сообщается направление линии связи, они могут применять антенны направленного действия, увеличивающие дальность и надежность связи.

Связь в радиосети — связь между тремя и более радистами (рис. 445). Для каждой радиостанции выделяется рабочая частота, обычно общая для всех станций данной радиосети, и запасная — та рабочая частота, на которую перестраивают станции в случае появления помех или неустойчивой связи на первой выделенной частоте. Среди них есть главная станция, которая устанавливает порядок работы в радиосети. Как правило, связь ведется поочередно между парой радиостанции, а другие станции сети в это время переключены на прием.

Четкость, внимательность и дисциплина радистов — гарантия слаженной работы в радиосети. Иначе связь в радиосети может быть нарушена из-за взаимных помех.

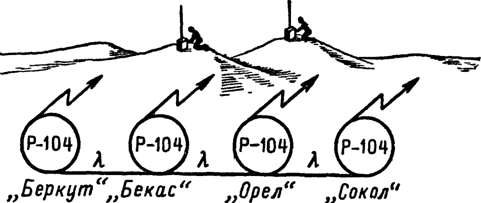


Рис. 445. Схема связи в радиосети.

Можно ли маломощными станциями создать линию связи, длина которой значительно превышает их «дальнобойность». Можно. Как? С помощью пункта ретрансляции (рис. 446) — промежуточного пункта, где ведется прием от одной станции, усиление и последующая передача сигналов к другой станции радиолинии связи, но уже на другой частоте. Для такого промежуточного пункта используются две радиостанции, соединенные между собой проводной линией связи, а при ретрансляции в дуплексном режиме — два приемника и два передатчика.

А если пункт ретрансляции разместить в вертолете? Протяженность линии связи между ее конечными радиостанциями может быть значительно увеличена.

Дальность, устойчивость и качество радиосвязи зависят от того, как размещены радиостанции и их антенны. В городах и других крупных населенных пунктах дальность радиосвязи, и особенно на УКВ, уменьшается по сравнению с радиосвязью между станциями в полевых условиях. А если радиостанция с ее антенной окажется в подвале, под мостом, в канализационном коридоре, то радиосвязь вообще может пропасть из-за поглощения электромагнитной энергии земляными укрытиями, железобетонными конструкциями. Вот почему опытный радист старается разместить свою УКВ станцию или ее антенну, соединенную

с приемопередатчиком фидером, на возвышении, например на чердаке здания, на крыше и возможно дальше от глухих стен и железобетонных перекрытий. Связь становится лучшей!

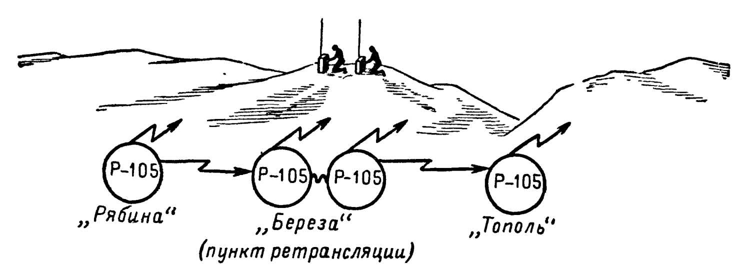


Рис. 446. Пункт ретрансляции.

В лесисто-болотистой местности радисты развертывают свои станции на опушках леса, в мелколесье, на полянах, избегая влияния на распространение радиоволн влажных стволов деревьев. В таких условиях хорошо удлинить штыревую антенну и поднять ее выше деревьев.

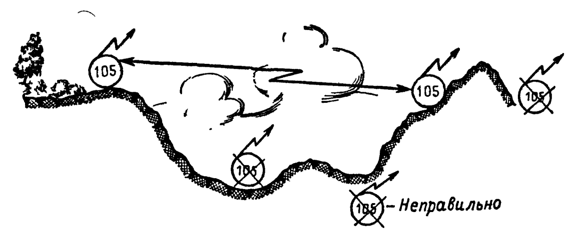


Рис. 447. Развертывание УКВ радиостанций в гористой местности.

В гористой местности УКВ радиостанции развертывают на возвышенностях (рис. 447), чтобы антенны станций «видели» друг друга. Однако, если УКВ станций будут развернуты вблизи горы или за горой, закрывающей корреспондента, связь может быть нарушена.

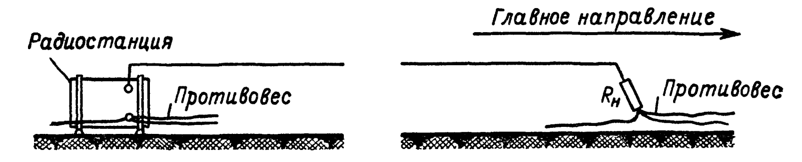


Рис. 448. Лучевая антенна.

Если радиосвязь устанавливают через замерзшее озеро, реку или другой водоем с пресной водой, УКВ радиостанции располагают не на льду водоема, а подальше от берега. Иначе за счет рассеивания радиоволн ледяной поверхностью связь будет ухудшена.

Что представляет собой лучевая антенна, обладающая направленностью излучения и приема радиоволн? Это провод длиной около 40 *м*, натянутый на изоляторах над землей, один конец которого подключен к приемопередатчику (рис. 448). К другому концу провода через нагрузочный резистор сопротивлением

около 400 *ом* присоединяют противовес — несколько отрезков провода длиной, равной примерно четверти длины рабочей частоты радиостанции. Провод такой антенны с помощью колышков, входящих в комплект радиостанции, подвешивают горизонтально над землей на высоте одного метра. При этом ось провода антенны должна совпадать с направлением на корреспондента и «смотреть» на него нагрузочным резистором с противовесом. В этом направлении антенна и излучает бóльшую часть электромагнитной энергии и много лучше, чем с других направлений, принимает радиоволны.

Такую антенну хорошо использовать, когда радисту приходится работать в блиндаже, подвале, окопе или другом укрытии. Точно так же можно вынести из укрытия и штыревую антенну, соединив ее с приемопередатчиком высокочастотным кабелем. Но по эффективности работы штыревая уступает лучевой антенне.

Для связи на большие расстояния в диапазоне УКВ может быть создана радиорелейная линия связи.

Радиорелейная связь

Этот способ дальнейшей многоканальной дуплексной связи осуществляется с помощью радиорелейных станций (РРС) — приемопередающих радиостанций, работающих в диапазоне УКВ. На радиорелейной линии связи сигнал высокой частоты передается от одного пункта связи к другому через ряд ретрансляционных пунктов, роль которых выполняют РРС. Схема такой линии связи показана на рис. 449. Пункты связи *А* и *Б* условно названы нами «*Орел*» и «*Ястреб*». Сигнал станции *1* «*Орел*» на частоте f_1 передается промежуточной станции *2*, усиливается ею и ретранслируется на частоте f_3 к станции *3*, которая на частоте f_4 излучает усиленный сигнал к станции *4* «*Ястреб*». Таким

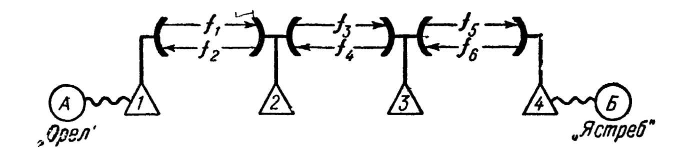


Рис. 449. Схема радиолинейной линии связи.

же образом, но в обратном порядке, передается сигнал от «*Ястреба*» к «*Орлу*» на частотах f_6, f_4 и f_2. Здесь станции *1* и *4* — оконечные, а станции *2* и *3* — промежуточные. Поскольку передача сигналов от станции к станции осуществляется на разных частотах, взаимные помехи между станциями практически исключены.

Сейчас для эффективности использования любых линий связи широко применяют метод уплотнения каналов, позволяющий по одной линии связи передавать одновременно несколько телефонных сообщений без взаимных помех. Этот метод применяют и в радиорелейной связи. Сущность такого уплотнения заключается в том, что на передающем конце линии связи разговорный спектр речи преобразуют в более высокие частоты, которые и передают по радиолинии. На приемном конце линии происходит обратное преобразование сигнала. Выделяя для каждого такого канала связи вполне определенные полосы на разных частотных участках, осуществляется одновременная передача нескольких сообщений по одной радиорелейной линии связи.

Радиорелейная связь применяется не только в военном деле. Она широко используется в народном хозяйстве, например для многоканальной связи между столицами союзных республик и областными центрами страны.

Радиолокация

Во время Великой Отечественной войны радиолокация помогала нашим воинам своевременно обнаруживать вражеские самолеты и корабли и наносить по ним сокрушающие удары. Сейчас она — верный страж границ нашей Родины.

Радиолокация является средством обнаружения и определения местоположения различных объектов в воздухе, на воде, на земле, в космосе при помощи радиоволн. Она основана на свойстве радиоволн отражаться от предметов, встречающихся на их пути. Это явление было открыто немецким ученым Г. Герцем. Отражение волн от больших объектов наблюдал изобретатель радио А. С. Попов еще в 1897 г. во время опытов по радиосвязи на Балтийском море. Однако бурное развитие радиолокации началось лишь в период Великой Отечественной войны.

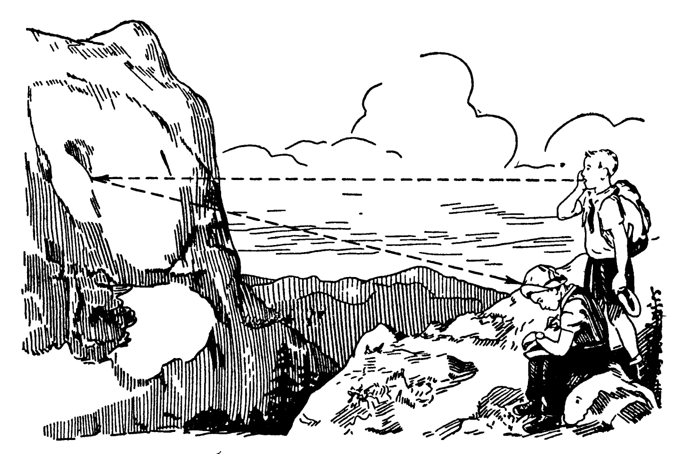


Рис. 450. Расстояние до скалы можно определить по времени прохождения звуковых волн.

В чем сущность радиолокации?

Ты, конечно, знаешь, что эхо — явление отражения звука. Его можно наблюдать в больших пустых аудиториях, в горах. Оно может быть использовано для определения расстояния до предмета, препятствия.

Вот конкретный, близкий тебе пример. Ты отправился с товарищами в поход. На вашем пути оказалось ущелье, а за ним — почти отвесная скала (рис. 450). Можно ли, не сходя с места, определить расстояние до скалы? Можно! Для этого надо только иметь точный секундомер. Крикни громко и отрывисто. Через некоторое время ты услышишь отголосок звука. Это звуковое эхо. Короткая очередь звуковых волн, созданная тобой, долетела до скалы, отразилась от нее и вернулась к тебе.

Допустим, что время, которое прошло с момента выкрика до момента прихода эха, оказалось равным 6 *сек*. Звуковые волны распространяются в воздухе со скоростью 340 *м/сек*. За 6 *сек* они прошли путь от тебя до скалы и обратно. Длина этого пути $340 \times 6 = 2\,040$ *м*. Значит, расстояние до скалы $2\,040 : 2 = 1\,020$ *м*.

Явление эха используется также для измерения глубин морей и океанов. Для этого существуют специальные аппараты — эхолоты. В днище корпуса судна укреплены излучатель мощных ультразвуковых волн, имеющий направленное действие, и устройство для приема этих волн после отражения их от дна морского (рис. 451). Излучатель включают на очень короткие промежутки времени. Возбужденный им импульс волн ультразвуковой частоты пронизывает толщу воды и,

отразившись от дна, возвращается к приемному устройству. Скорость распространения ультразвуковых волн в воде известна: она равна 1 450 *м/сек* — почти в 5 раз больше, чем в воздухе. Если эту скорость, выраженную в метрах, умножить на время между моментами излучения и приема отраженного сигнала, а произведение разделить на 2, то результат и будет глубиной моря в метрах. Так, например, если эхолот зарегистрировал время прохождения сигнала 0,8 *сек*, то глубина моря в этом месте равна 580 *м*.

В природе есть живые существа, которые при своем движении пользуются явлением отражения волн. Это, например, летучие мыши. Летучую мышь можно пустить в совершенно темную комнату с веревочной паутиной и она, летая в комнате, ни разу на натолкнется на веревку. Природа наградила летучую мышь чувствительным органом для приема ультразвуковых волн, излучателем которых является она сама. Если на пути полета мыши имеется какой-то предмет, то он отразит излучаемые ею волны, что явится для нее сигналом о препятствии — надо повернуть. Если чувствительный орган мыши не улавливает отраженные волны, значит, впереди препятствия нет — можно продолжать путь в том же направлении.

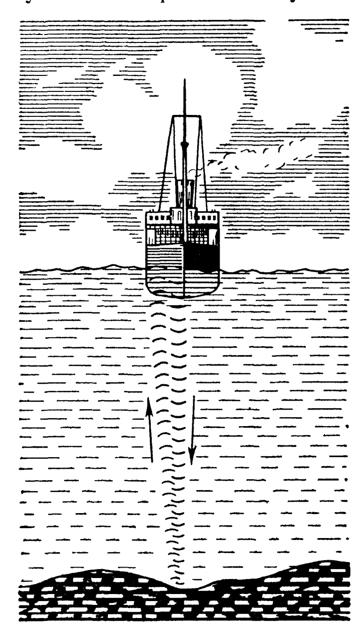


Рис. 451. Измерение глубины моря при помощи эхолота.

Радиоволны также отражаются и рассеиваются различными предметами в разные стороны. Отраженные радиоволны — это радиоэхо. Они могут быть уловлены радиоприемником. Зная скорость распространения и время прохождения импульса радиоволн от его источника до отражающего предмета и обратно, нетрудно определить длину его пути. На этом и основана радиолокация.

Любая радиолокационная станция, именуемая также радиолокатором, или сокращенно РЛС, содержит радиопередатчик, радиоприемник, антенну и индикаторы, позволяющие обнаруживать цели и определять их текущие координаты.

Передатчик, работающий на постоянной частоте, излучает в пространство радиоволны. Если на их пути встречается какое-то препятствие, например самолет, оно отражает и рассеивает радиоволны во все стороны, в том числе и в сторону радиолокационной станции. Чувствительный приемник, настроенный на частоту передатчика, принимает отраженные волны, а включенный на его выходе индикатор дальности показывает расстояние до предмета.

Но еще мало знать, что отражающий радиоволны самолет находится на таком-то расстоянии. Надо знать еще и направление. Чтобы определить, в каком месте находится данный предмет, антенна радиолокационной станции должна посылать радиоволны не во все стороны, как радиовещательная станция, а направленным, сравнительно узким пучком, подобным световому лучу прожектора. В этом случае приемник радиолокатора зафиксирует сигналы, отраженные только тем самолетом, который находится в направлении излучения радиоволн.

Наилучшее отражение радиоволн происходит тогда, когда их длина соизмерима с размерами предмета. Поэтому радиолокаторы работают на метровых, дециметровых, сантиметровых и миллиметровых волнах, т. е. на частотах свыше 60 *Мгц*. Энергию радиоволн таких длин, кроме того, легче концентрировать в узкий пучок, что имеет немаловажное значение для «дальнобойности» радиолокатора и точности определения места нахождения того или иного объекта.

Каким же образом радиолокатор «нащупывает» объект, если он излучает энергию радиоволн узким направленным пучком? Антенна его передатчика может вращаться, а также изменять угол наклона, посылая волны в различных направлениях. Она же является и приемной антенной.

Наиболее простая антенна радиолокационной станции, работающей в метровом диапазоне, показана в схематическом виде на рис. 452, *а*. Она имеет такую же конструкцию, как многоэлементные телевизионные приемные антенны, только снабжена еще механизмом вращения и наклона. Длина вибратора равна приблизительно половине длины излучаемой волны. Ток высокой частоты подводится к активному вибратору. Такая антенна посылает радиоволны довольно узким направленным пучком в сторону директоров. Она же и принимает отраженные сигналы, которые идут со стороны директоров.

Другая конструкция антенны наземной радиолокационной станции метрового диапазона показана на рис. 452, *б*. Она имеет большое число излучаемых вибраторов, расположенных в одной плоскости. Металлическая конструкция, на которой смонтированы вибраторы, выполняет роль рефлектора антенны.

Чем короче волна, на которой работает станция, тем меньше размеры излучаемого вибратора и рефлектора и общие размеры антенны. Так, например, рефлекторная антенна станции сантиметрового диапазона может иметь размеры, не превышающие размеров тарелки.

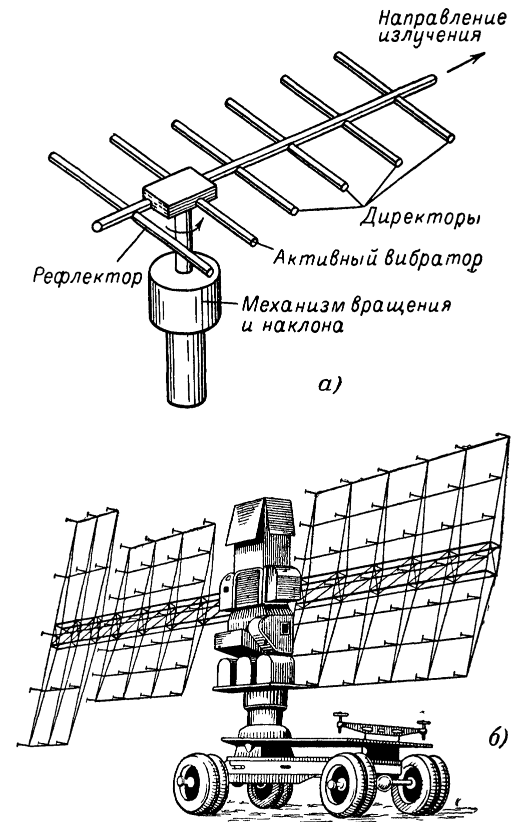


Рис. 452. Антенны направленного излучения.

Передатчики радиолокационных станций работают, как правило, в импульсном режиме; импульсами излучают радиоволны и их антенны. При импульсном режиме передатчик в течение очень короткого промежутка времени создает «очередь» радиоволн, после чего наступает сравнительно продолжительный перерыв-пауза, в течение которой он «отдыхает» (рис. 453). Во время перерыва происходит прием отраженных волн. Затем снова излучается такой же импульс, за ним опять следует пауза и т. д. При таком режиме антенна передатчика как бы «стреляет» в пространство короткими очередями радиоволн.

В зависимости от назначения радиолокационной станции продолжительность импульсов может быть в пределах 0,1—50 *мксек*, а частота следования импульсов от 50 до 5 000 в секунду.

Допустим, что каждый импульс радиолокационной станции длится 10 *мксек* и за каждую секунду излучается 500 таких очередей радиоволн. Следовательно,

паузы между импульсами равны 1 990 *мксек*, т. е. почти в 200 раз продолжительнее, чем импульсы. Получается, что передатчик больше «отдыхает», чем работает. За сутки генератор такого радиолокатора в общей сложности работает всего не больше нескольких минут. А мощность импульса достигает десятков, сотен и даже тысяч киловатт. Она во много раз больше мощности, потребляемой радиолокатором от источника питания. Объясняется это тем, что во время паузы в передатчике происходит накапливание электрической энергии, которая затем в течение очень короткого промежутка времени преобразуется в колебания высокой частоты и излучается антенной.

Расстояние до объекта определяют, как мы уже говорили, временем между моментом посылки импульса и возвращением «радиоэха». Радиоволны распространяются со скоростью 300 000 *км/сек* (точнее, 299 820 *км/сек*). Это значит, что от самолета, находящегося, например, на расстоянии 150 *км*, радиоэхо вернется через 0,001 *сек*, а при расстоянии до него 300 *км* — через 0,002 *сек*. Для измерения таких коротких промежутков времени не годятся даже самые лучшие секундомеры, ибо неточность в отсчете времени даже 0,1 *мсек* дает ошибку, равную десяткам километров.

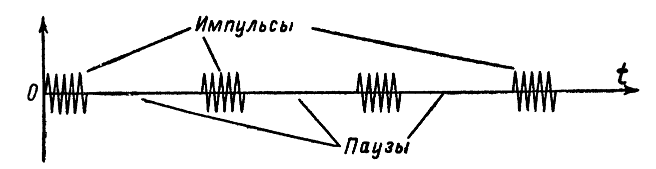


Рис. 453. Графики импульсного излучения.

В радиолокационной станции отсчет времени производится при помощи «электронного секундомера», роль которого выполняет электроннолучевая трубка

Электроннолучевая трубка в простейшем виде (рис. 454,*а*) представляет собой стеклянный баллон с электродами и сильным разрежением воздуха внутри. Экраном служит плоская широкая часть трубки, покрытая с внутренней стороны тонким слоем люминофора — полупрозрачного вещества, светящегося под ударами электронов.

Катод электроннолучевой трубки подобен подогревному катоду электронной лампы. Он окружен металлическим цилиндром с небольшим отверстием посередине, через которое вылетают излучаемые катодом электроны. Это управляющий электрод трубки Неподалеку от него расположен первый анод, имеющий форму полого цилиндра. На этот анод относительно катода подается положительное напряжение, под действием которого электроны, излучаемые катодом, получают ускорение.

За первым анодом находится второй. Это может быть полый цилиндр или токопроводящее покрытие, нанесенное на внутреннюю поверхность горловины трубки. На него подается еще более высокое положительное напряжение, чем на первый анод Электроны, пролетая его, приобретают еще большую скорость движения к экрану.

Напряжения на электродах трубки подбирают так, что между ними образуется электрическое поле, обладающее свойством собирать электроны, летящие к экрану, в узкий пучок-луч.

Под действием ударов электронов люминофор светится — на экране появляется светящаяся точка (рис. 454, *б*) Она тем ярче, чем больше электронов в луче и чем больше их скорость Управляющий электрод изменяет «плотность» электронного луча и, следовательно, яркость светящейся точки на экране

Всю систему, состоящую из катода, управляющего электрода и анодов, называют электронным прожектором электроннолучевой трубки.

Между анодами и экраном трубки размещены еще четыре пластины, носящие название отклоняющих. Они образуют два плоских конденсатора, электрические поля которых перпендикулярны друг другу. Подавая напряжение на пару вертикально расположенных пластин, электронный луч можно отклонить влево или вправо и таким образом перемещать светящуюся точку на экране по горизонтали. Это — пластины горизонтального отклонения луча. Вторая пара пластин, расположенных горизонтально, образует конденсатор, позволяющий электронный луч и светящуюся точку на экране перемещать по вертикали. Это — пластины вертикального отклонения луча.

Используя электроннолучевую трубку в качестве «электронного секундомера», на ее пластины горизонтального отклонения луча подают от специального

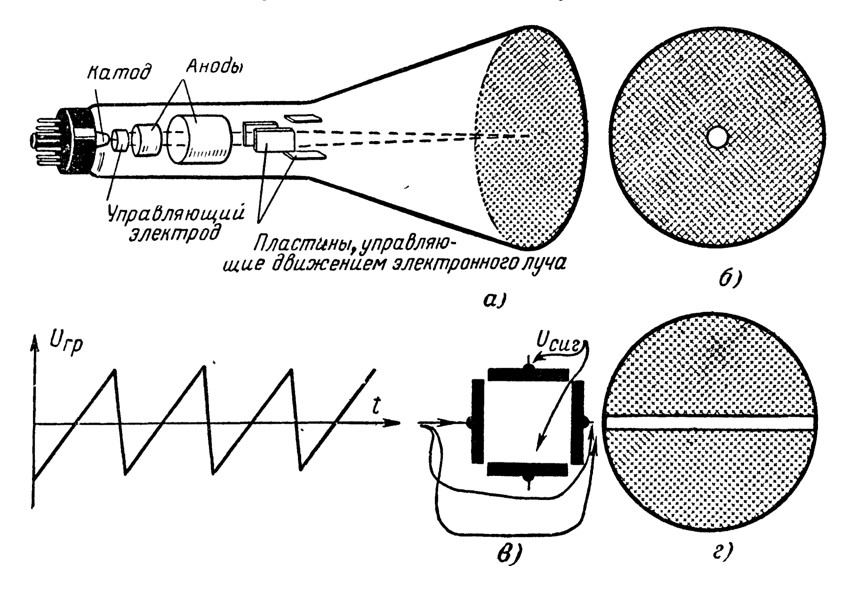


Рис. 454. Устройство и принцип действия электроннолучевой трубки.

генератора переменное напряжение пилообразной формы (рис. 454, *в*), именуемое напряжением горизонтальной развертки ($U_{гр}$). От обычного синусоидального напряжения пилообразное отличается главным образом тем, что его величина падает значительно быстрее, чем возрастает, причем изменение напряжения происходит не по кривым, а по прямым линиям. При этом электронный луч «чертит» на экране трубки прямую горизонтальную светящуюся линию (рис. 454,*г*) — линию горизонтальной развертки. Она-то и выполняет роль шкалы такого прибора радиолокатора. Если на пластины вертикального отклонения луча подать импульс отраженного сигнала, он вызовет на этой шкале отметку в виде всплеска.

На пластины горизонтального отклонения луча прибора подают пилообразное напряжение развертки той же частоты, с которой происходит излучение зондирующих «пачек» радиоволн, например 1 000 *гц*. При такой частоте электронный луч 1 000 раз в секунду прочерчивает экран, образуя на нем прямую светящуюся линию. Общая длина линии на экране при этом соответствует в масштабе отрезку времени длительностью 0,001 *сек*, т. е. 1 *мсек*. Она может быть отградуирована в километрах.

Луч на экране трубки начинает двигаться слева направо от нулевого деления шкалы в тот момент, когда происходит излучение импульса. Момент посылки импульса отмечается «выбросом» линии у нулевого деления шкалы трубки.

Пластины вертикального отклонения луча трубки включены на выходе приемника. Если в приемник не поступают отраженные импульсы, то остальная часть линии развертки на экране трубки имеет вид прямой. Но как только начинают поступать отраженные импульсы, на светящейся линии получается второй «выброс». Для случая, показанного на рис. 455, видно, что расстояние до объекта, отразившего радиоволны, равно 70 *км*.

Как операторы радиолокационной станции определяют текущие координаты обнаруженного объекта, например самолета? По его а з и м у т у, т. е. по углу между направлением на север и направлением на самолет, и по у г л у м е с т а — углу, образуемому горизонтальной линией и наклонной линией, направленной на самолет (рис. 456). Эти данные фиксируют индикаторы по положению антенны. А когда известны азимут, угол места и наклонная дальность, то нетрудно рассчитать высоту полета и место, где в данный момент находится обнаруженный самолет. В радиолокационных станциях все эти расчеты производятся, разумеется, автоматически.

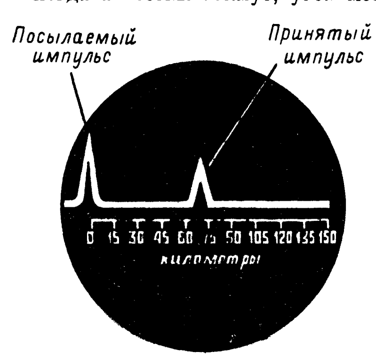


Рис. 455. «Выброс» линии на экране электроннолучевой трубки указывает расстояние до цели.

Очевидно, что, если радиолокационная станция находится на земле или установлена на корабле и предназначена для наблюдения за наземными или плавающими по воде кораблями, нет необходимости измерять угол места.

Чтобы ты имел более полное представление о радиолокационной станции, разберем ее работу по упрощенной блок-схеме, изображенной на рис. 457. На ней показаны только основные устройства и их взаимосвязь.

Антенна, излучающая импульсы радиоволн и принимающая отраженные радиоволны, обладает острой направленностью. При помощи электродвигателей она, «нащупывая» цель, может вращаться вокруг своей оси и изменять угол наклона. С механизмом вращения и наклона антенны связаны приборы, показывающие азимут и угол места самолета, на который в данный момент она направлена.

Генератор передатчика и приемник имеют с антенной не прямую связь, а через переключатель, роль которого выполняют электронные приборы. Во время посылки импульсов радиоволн антенна подключена к передатчику, а во время пауз — к приемнику. Принятые отраженные сигналы после усиления и детектирования подаются на электроннолучевую трубку указателя дальности. Горизонтальное движение луча этой трубки осуществляется пилообразным напряжением генератора развертки.

Новым для тебя в этой схеме является х р о н и з а т о р — устройство, согласующее работу генератора передатчика, антенного переключателя и генератора развертки трубки дальномера. Через строго определенные промежутки времени он вырабатывает «пусковые» импульсы, действующие на генераторы развертки электроннолучевой трубки. Хронизатор является тем механизмом, благодаря которому обеспечивается слаженная работа всех приборов и устройств радиолокационной станции.

Современные РЛС имеют, как правило, не три, как на блок-схеме рис. 457, а два основных электронных индикатора: и н д и к а т о р к р у г о в о г о о б з о р а и и н д и к а т о р в ы с о т ы ц е л и.

Электроннолучевая трубка индикатора кругового обзора (рис. 458) имеет р а д и а л ь н у ю развертку, светящаяся линия которой перемещается по кругу

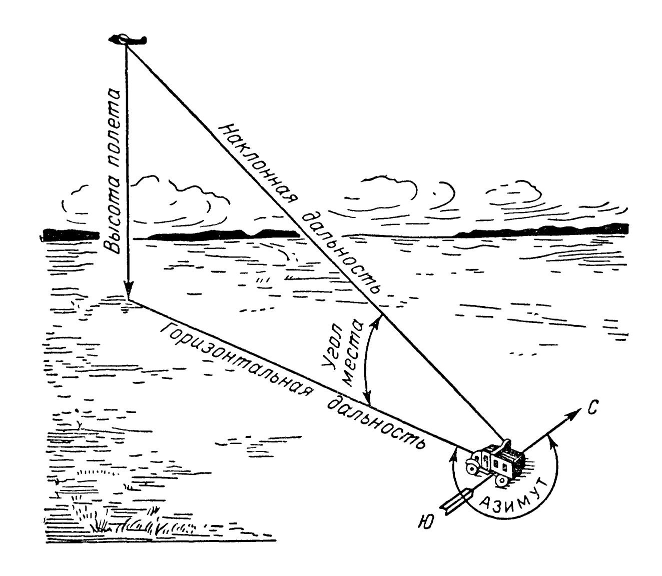


Рис. 456. Определение направления и высоты полета самолета.

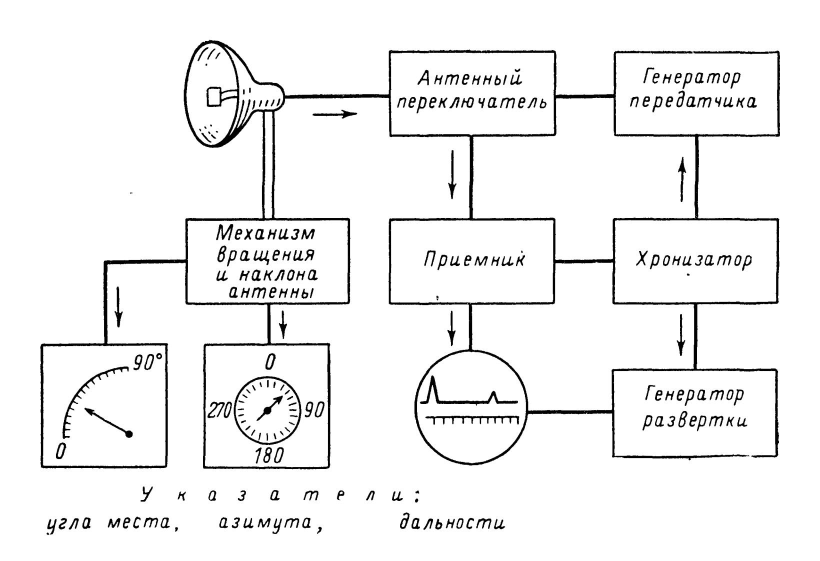


Рис. 457. Блок-схема радиолокационной станции.

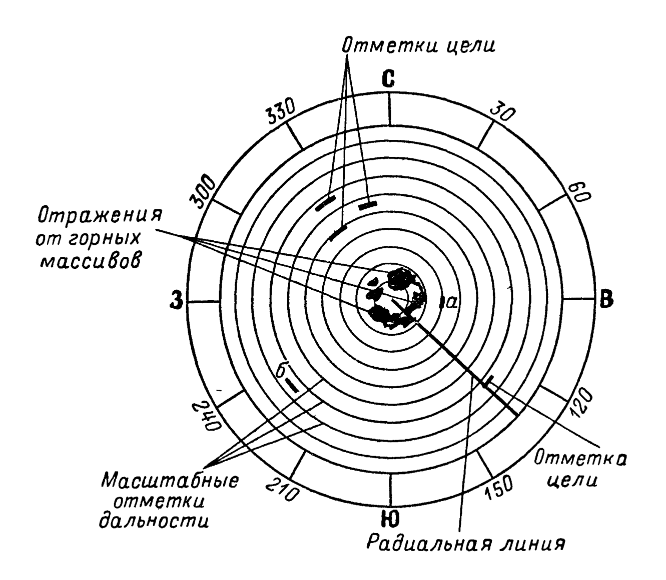


Рис. 458. Индикатор кругового обзора.

синхронно с вращением антенны. На обрамление экрана трубки нанесены метки градусов азимутальной шкалы. На самом экране электронным методом создают концентрические масштабные отметки наклонной дальности (на рис. 458 — через 50 *км*). На экране такого индикатора фиксируются все объекты, находящиеся в

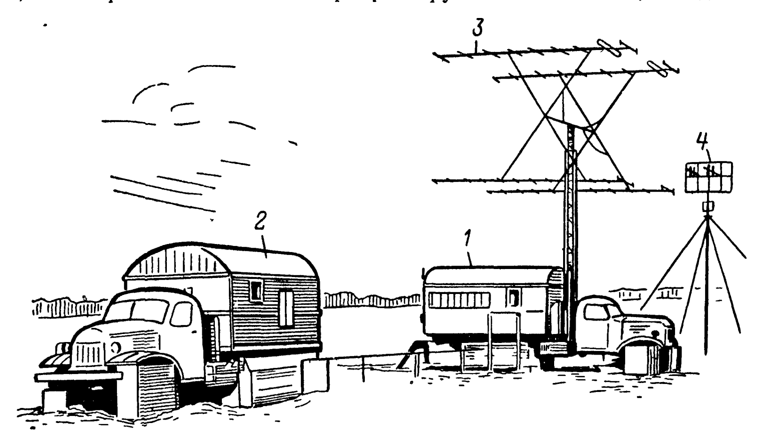


Рис. 459. Радиолокационная станция П-10.

1 — аппаратная машина; *2* — силовая машина; *3* — антенна РЛС; *4* — антенна запросчика.

зоне действия станции, и видны их азимуты и наклоны дальности. Например, для случая, показанного на рис. 458, азимут объекта *а* 90°, наклонная дальность — 150 *км*, а для объекта *б* соответственно 230° и 375 *км*.

Угол места определяют по индикатору высоты цели с помощью так называемого г о н и о м е т р а — устройства, изменяющего диаграмму направленности антенны Таким образом, эти два индикатора позволяют оперативно, за 10—15 *сек* определять и следить за текущими координатами всех целей, находящихся в зоне обнаружения РЛС

Ты вправе задать вопрос: а как же узнать, свой или чужой самолет обнаружен? На самолетах устанавливают небольшие передатчики, которые автоматически включаются при облучении их радиоволнами з а п р о с ч и к а «своей» радиолокационной станции и посылают ответные опознавательные сигналы. Ответные сигналы «своего» самолета видны на экране индикатора кругового обзора Если ответных сигналов нет — значит, самолет чужой.

Достаточно полное представление о радиолокационных станциях тебе даст рис. 459. На нем изображена развернутая передвижная наземная РЛС типа П-10, рассчитанная главным образом на обнаружение и определение координат самолетов и крылатых ракет. Все оборудование и имущество станции размещено в кузовах двух автомобилей с повышенной проходимостью. К кузове одного автомобиля находятся агрегаты питания, в кузове второго автомобиля —радиолокационная аппаратура. Неподалеку от них установлена антенна запросчика. При размещении такой станции на ровной площадке радиусом около 500 *м* дальность обнаружения самолетов-бомбардировщиков, летящих на высоте 10 000 *м*, достигает 180—200 *км*.

Конструкции, габариты и «профессии» РЛС весьма разнообразны. Сейчас трудно назвать род вооруженных сил, где бы в той или иной степени не использовалась радиолокационная аппаратура. Без нее невозможно наиболее эффективно использовать быстрокрылые истребители-перехватчики, зенитно-ракетные установки, самолеты-ракетоносцы, корабли различного назначения и другую военную технику.

* * *

Советская армия и Военно-Морской флот получают на вооружение все более совершенную технику. И чтобы она всегда была в боевой готовности, ее надо хорошо знать и в совершенстве управлять ею. Вот почему сейчас молодежь начинает изучать эту технику на учебных пунктах, на курсах радиоклубов ДОСААФ еще до призыва в Вооруженные Силы нашей Родины.

O

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ПЯТАЯ

Радиоэлектроника служит человеку

Итак, позади двадцать четыре беседы. Рассказано, кажется, о многом, и в то же время это был далеко не полный рассказ о роли радиоэлектроники в нашей жизни.

Вспомним, о чем был разговор в наших беседах?

Главным образом об основах радиотехники, приемниках и усилителях. Немного поговорили об автоматике и телемеханике, о радиоспорте, чуть коснулись техники связи в Вооруженных Силах страны. И только. Да, и только, потому что все это лишь часть многообразия радиоэлектроники.

Чтобы ты мог хотя бы в общих чертах представить себе, как широко и глубоко радиоэлектроника проникла в нашу культуру и быт, в народное хозяйство, в науку и технику, приведем еще несколько примеров практического применения ее.

Всевидящие «глаза»

Так часто называют радиолокационную технику, о которой я рассказал тебе в предыдущей беседе. Но ведь средства радиолокации применяют не только в военном деле. Радиолокация проникла во многие области науки, техники, народного хозяйства. Вот несколько примеров.

Используя радиолокаторы, синоптики наблюдают за образованием и передвижением облаков, исследуют зарождение, развитие и прохождение грозовых фронтов, что позволяет достаточно точно и для больших территорий предсказывать погоду на следующий день и на продолжительное время вперед.

Многие метеоры и даже метеорные потоки «атакуют» нашу планету, но, попав в ее атмосферу, сгорают. Как зафиксировать этих космических пришельцев? С помощью радиолокационных установок, так как, сгорая в атмосфере, они оставляют после себя большие хвосты из ионизированных частиц, хорошо отражающие радиоволны. Так радиолокация дала астрономам «второе зрение», позволяющее делать новые научные исследования, открытия.

Наша рыбная промышленность оснащена превосходной техникой. У нее есть корабли-заводы, способные за сутки обрабатывать и консервировать по нескольку десятков тонн рыбы. Но все зависит от улова. Раньше разведка рыбы велась «дедовским» примитивным способом — выискивали косяки, смотря с палубы корабля. Сейчас для разведки рыбы стали применять радиолокацию. На разведку отправляется самолет. У него на борту радиолокатор, «прощупывающий» водные просторы. Вот на экране трубки радиолокатора появились сигналы: под самолетом обнаружены косяки рыбы. Тут же летит радиограмма, и к месту находки устремляется рыболовная флотилия.

Радиолокация широко используется в гражданском воздушном флоте. Она позволяет диспетчерам аэропортов непрерывно следить за движением самолетов на воздушных трассах. Радиолокационные станции, установленные на самолетах, позволяют летчикам не только определять высоту, но и видеть на экранах радиолокаторов очертания местности, над которой они летят. Это дает возможность воздушным кораблям летать в любую погоду без опасения потерпеть аварию.

Радиолокационные станции устанавливают и на морских и речных кораблях. Они позволяют водить корабли в тумане, в любую погоду, своевременно предупреждать о приближении к другим кораблям, берегам, скалам, плавающим ледяным горам — айсбергам.

Вскоре после Великой Отечественной войны ученые направили антенну радиолокатора в сторону Луны. Короткие очереди радиоволн достигли Луны, «оттолкнулись» от нее и вернулись на Землю. Этот эксперимент, ознаменовавший тогда большую победу радиолокации, позволил уточнить расстояние от нашей планеты до ее вечного большого космического спутника. Позже таким же способом ученые уточнили расстояния до ближайших к нам планет.

Сейчас с помощью наземных радиолокационных станций ученые ведут наблюдения за искусственными спутниками Земли, следят за выводом на орбиту и полетами космических кораблей. Межпланетные корабли, отправляющиеся на Марс, Венеру, все время будут находиться в лучах радиолокаторов земных координационных центров. Радиолокация стала сейчас «глазами» космонавтики.

Таков далеко не полный перечень примеров применения радиолокации — важнейшей области современной радиоэлектроники.

Нагрев без огня

Если какое-либо тело поместить в переменное электрическое или магнитное поле высокой частоты, то молекулы и атомы этого тела будут совершать колебательные движения, вызывая его нагрев. Степень нагрева зависит от строения вещества тела и частоты тока, создающего переменное электрическое или магнитное поле. Это явление нашло широкое практическое применение в промышленном производстве. А в некоторых отраслях производства высокочастотный нагрев произвел технологическую революцию.

Вот несколько примеров.

Для изготовления струнных музыкальных инструментов, мебели, деталей корпусов кораблей, вагонов пригодна только совершенно сухая древесина. Изделия из сырой или плохо просушенной древесины неизбежно коробятся, дают трещины. Естественная же сушка древесины требует длительного времени.

Как ускорить процесс сушки древесины? Этот вопрос давно волновал деревообделочников. Разрешить его помогла радиоэлектроника.

Рис. 460. Установки для сушки древесины.

Установка для сушки древесины (рис. 460) представляет собой мощный генератор тока высокой частоты, питающий конденсатор из массивных металлических плит. На эти плиты, как на полки, укладывают доски, бруски, рейки и даже круглый лес. Между пластинами такого конденсатора возникает сильное электрическое поле высокой частоты, пронизывающее всю находящуюся в нем древесину и вызывающее равномерный нагрев всей ее массы. В камере, где производится сушка, имеется вентиляция для удаления испаряющейся влаги. Высушенная таким способом древесина пригодна для любых самых ответственных изделий.

Высокочастотный способ сушки древесины используется на многих деревообрабатывающих предприятиях.

Глиняная и фарфоровая посуда, кирпич, изоляторы для линий электропередачи формуют из влажной массы. Затем происходит самый ответственный технологический процесс производства — сушка, предшествующая обжигу изделий. От нее зависит качество продукции. Для равномерной сушки гончарных и керамических изделий на воздухе требуются месяцы, а иногда и годы. Ускорить сушку этих изделий, как и древесины, помогает электрическое поле высокой частоты. Контроль сушки автоматизирован. Брак отсутствует.

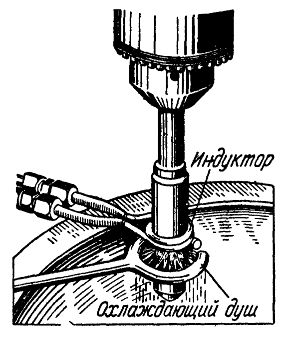


Рис. 461. Поверхностная закалка стального валика.

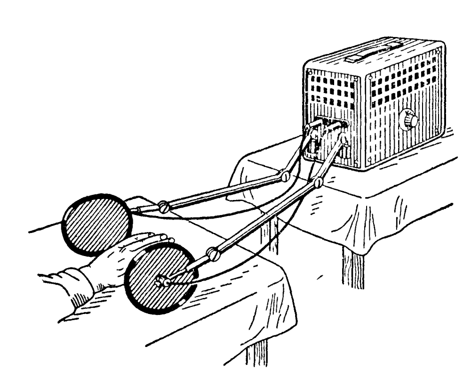
Таким же способом можно сушить зерно, бумагу, чай, вытапливать жир, стерилизовать пищевые продукты, печь хлеб, варить обед, сушить кондитерские изделия и многое другое.

Люди издавна мечтали о таких стальных деталях и режущих инструментах, которые бы были очень твердыми и в то же время нехрупкими. Мечта осуществилась благодаря радиоэлектронике.

Если стальную деталь поместить в магнитное поле высокой частоты, то поверхность ее раскалится с такой быстротой, что тепло не успеет проникнуть в глубь металла. Остается только опустить деталь в воду или масло, и поверхность ее будет закалена, сделается очень твердой, в то время как основная масса металла останется «вязкой», нехрупкой. Толщину закаленного слоя легко регулировать, меняя частоту тока: чем выше частота, тем тоньше закаливаемый слой. Ток с частотой около 1 *Мгц*, например, дает толщину закаливаемого слоя около 0,5 *мм*, а с частотой 50 *кгц* 8—15 *мм*.

Для поверхностной закалки металлических деталей применяют специальные катушки индуктивности, называемые индукторами (рис. 461). Они питаются от мощных генераторов токов высокой частоты. Внутрь индуктора, где образуется сильное переменное магнитное поле, помещается деталь, поверхность которой нужно закалить. Тут же находится и охлаждающий душ.

Высокочастотный способ поверхностной обработки металла впервые разработал и практически осуществил член-корреспондент Академии наук СССР, лауреат золотой медали А. С. Попова, профессор В. А. Вологдин. Сейчас высокочастотная закалка металлических изделий используется при изготовлении резцов, сверл, осей механизмов и многих других деталей и инструментов, от которых требуется повышенная твердость при необходимой вязкости основной массы металла. Такие детали мало изнашиваются, способны выдерживать резкие толчки и удары.


Рис. 462. Переменным электрическим полем лечат людей.

Подобным способом можно плавить металлы или руду, если использовать токи с частотой в несколько тысяч герц. При мощности генератора высокой частоты 100 *квт* плавка 100 *кг* металла продолжается не более четверти часа.

Высокочастотные плавильные печи получили широкое применение в производстве высококачественных сталей, специальных тугоплавких, магнитных и легких сплавов.

При лечении некоторых болезней требуется глубокий внутренний прогрев тела. Это особенно необходимо при лечении гангрены, воспалений суставов. Обычные грелки в таких случаях не приносят существенной пользы. На помощь приходят токи высокой и ультразвуковой частот. Чтобы прогреть, например, больной сустав руки, ее помещают между металлическими пластинками (рис. 462), образующими конденсатор контура генератора. Больной ощущает только легкое тепло.

Радиотерапией называют отрасль медицины, использующую для лечения токи и поля ультразвуковой и высокой частот.

Электрическое поле соответствующей частоты благоприятно действует на рост и развитие растений, убивает вредных микробов и насекомых. В библиотеках, например, иногда заводятся жучки, точащие книги. Раньше единственной мерой борьбы с ними было сжигание книг. Теперь этих вредителей, не портя книг, уничтожают электрическим полем высокой частоты.

Разведчики погоды

В январе 1930 г. в г. Павловске под Ленинградом поднялся в воздух радиозонд (рис. 463) — автоматический разведчик погоды, изобретенный советским ученым-метеорологом П. А. Молчановым. С тех пор метеорологи используют радиозонды для «прощупывания» (слово «зонд» французского происхождения, означающее «щуп») атмосферы.

Радиозонд — комплекс приборов, позволяющих на расстоянии при помощи радиоволн получать основные сведения о состоянии атмосферы на различных высотах. Он представляет собой своеобразную гондолу, привязанную к шару из тонкой резины, наполненному легким газом. Внутри гондолы размещены очень простой радиопередатчик, датчики-измерители температуры, давления и влажности воздуха и коммутирующее устройство, управляющее работой передатчика. Поднявшись на высоту в несколько десятков километров, передатчик радиозонда сигнализирует условным кодом данные, зарегистрированные метеорологическими приборами при полете.

Антенной передатчика радиозонда служит провод длиной в несколько метров, которым прибор соединен с шаром, а противовесом — такой же длины провод, свободно свисающий вниз. Датчиком температуры служит согнутая в неполный цилиндр биметаллическая пластинка *1*, состоящая из двух металлических полосок с различными температурными коэффициентами расширения. При изменении температуры пластинка стремится согнуться еще больше или, наоборот, разогнуться. Роль датчика давления выполняет барометр-анероид *4* — полая металлическая коробочка, из которой откачан воздух. Давление окружающего воздуха сжимает эту коробочку, а когда давление уменьшается, коробочка расширяется. Датчиком влажности служит пучок обезжиренных волос *2*, обладающих свойством удлиняться с увеличением и, наоборот, укорачиваться с уменьшением влажности воздуха.

Эти датчики, являющиеся широко распространенными метеорологическими приборами, связаны шарнирно со своими стрелками-указателями. Скользя свободными концами по контактам гребенок, указатели, как ползунки переключателей, включают электрические цепи датчиков.

Коммутирующее устройство состоит из металлических звездочек с различным числом зубцов, насаженных на ось ветрянки *5*. Вращаясь вместе с осью, звездочки коммутатора подключают к передатчику контакты гребенок и, замыкая цепь питания высокочастотного задающего генератора, управляют работой передатчика *3*. Радиопередатчик в эти моменты излучает высокочастотные импульсы, подобные сигналам телеграфной азбуки.

В лаборатории, запустившей шар, радисты принимают сигналы радиозонда. А затем по характеру сигналов определяют температуру, давление и влажность тех слоев атмосферы, через которые пролетает радиозонд. Кроме того, по полету радиозонда определяют скорость движения воздуха.

Как же следят за радиозондами, когда они поднимаются на большие высоты над земной поверхностью, к тому же при сильной облачности или ночью? С помощью радиолокаторов

Вскоре после Великой Отечественной войны советские ученые предложили радиозонд без передатчика Такой разведчик атмосферы работает в сочетании с радиолокационной станцией На нем имеются четыре взаимно перпендикулярных проводника, равных по длине четверти волны радиолокатора Через контакты реле, включающие датчики, они могут соединяться попарно, по-разному

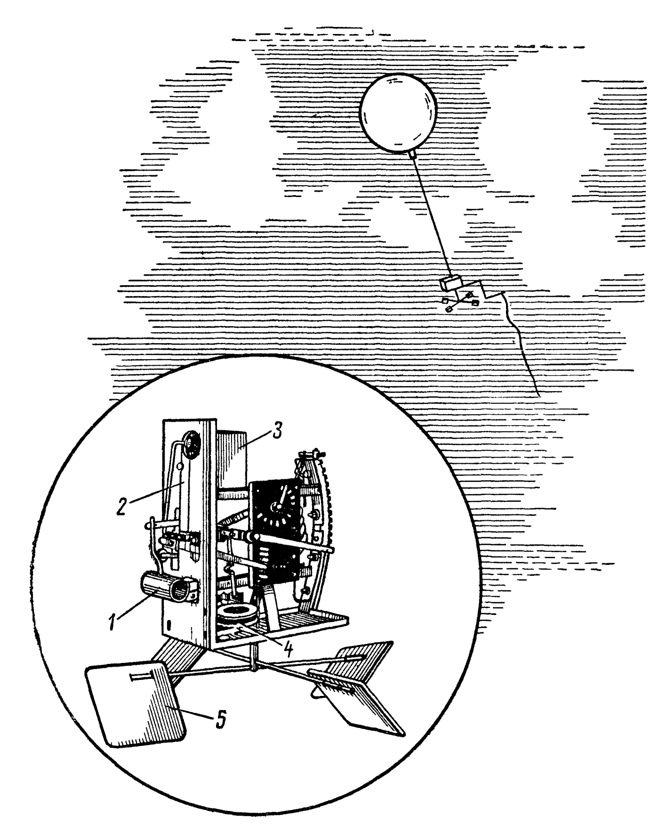


Рис 463 Радиозонд П А Молчанова

отражая радиоволны Специальная приставка к радиолокатору преобразует кратковременные отраженные импульсы радиоволн в сигналы, аналогичные сигналам обычного радиозонда, и автоматически записывает их

У нас много островков, вершин гор, где есть метеостанции, но люди там не живут Люди там появляются очень редко — лишь для того, чтобы осмотреть, исправить, подрегулировать приборы Постоянную же работу там ведет радиоаппаратура Радиопередатчики сообщают метеорологам о всех изменениях температуры и давления атмосферы, об осадках, направлении и скорости ветра Они облегчают задачу предсказания погоды, что имеет важнейшее значение для нашего народного хозяйства,

Радиозонд — один из многочисленных примеров использования средств радиоэлектроники для различных измерений на расстоянии, контроля за физическими и химическими явлениями, техническими процессами. Эту область радиоэлектроники называют радиотелеметрией.

«Застывшие» звуки

Почтальон принес письмо. Ты вскрываешь конверт и видишь в нем небольшую картонку с блестящей поверхностью, покрытую, как грампластинка, спиральной канавкой. Это — «говорящее письмо». Поставь на эту миниатюрную грампластинку звукосниматель и ты услышишь голос близкого тебе человека.

Как же «пишут» эти письма? Как записывают звук на грампластинки?

Чтобы записать звук — заставить его как бы «застыть», с тем чтобы в любое время его можно было «оживить» — воспроизвести, при помощи микрофона преобразуют его в электрические колебания низкой частоты и усиливают их до мощности в несколько ватт. На выход усилителя включают рекордер — прибор, преобразующий ток низкой частоты в механические колебания резца, нарезающего на вращающемся диске звуковую бороздку (рис. 464).

Устройство рекордера сходно с устройством электромагнитного звукоснимателя, только вместо иглы к якорю прикреплен резец. Ток звуковой частоты, проходя по катушке рекордера, приводит резец в колебательные движения, и на диске получается извилистая звуковая бороздка.

Этот способ записи звука называют электромеханическим.

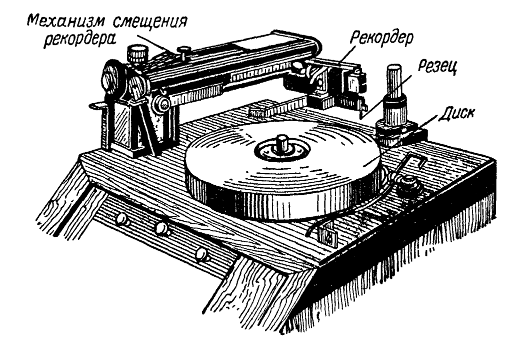


Рис. 464. Станок для электромеханической записи звука на диск.

Когда нужно изготовить много одинаковых грампластинок, запись звука производят на восковом диске, а потом «рисунок» звука с этого диска путем ряда технологических приемов переводят на пластинки из специальной массы. Это и есть те самые граммофонные пластинки, которые мы покупаем в магазине.

Сейчас наиболее широкое распространение получил магнитный способ звукозаписи. При этом способе звукозаписи используется материал, длительное время сохраняющий магнитные свойства. Им может быть, например, стальная проволока, стальная лента. Но лучше всего для этой цели подходит ферромагнитная лента — тонкая и гибкая пластмассовая полоска, покрытая с одной стороны тонким слоем окислов железа.

Техника записи звука на ферромагнитную ленту такова. Через обмотку звукозаписывающей головки (рис. 465), представляющей собой сильный электромагнит с кольцеобразным сердечником, имеющим небольшую щель, идет ток звуковой частоты. Прикасаясь к щели сердечника головки, движется с равномерной скоростью ферромагнитная лента. Ток звуковой частоты создает в щели сердечника головки сильное переменное магнитное поле, намагничивающее частицы железа, нанесенные на ленту. Поскольку частота и амплитуда колебаний изменяются, частицы железа по длине ленты приобретают неодинаковую намагниченность.

При воспроизведении звука ферромагнитная лента протягивается с той же скоростью, с какой на ней велась запись, мимо щели сердечника воспроизводящей головки, устроенной так же, как и записывающая. Неравномерная

намагниченность частиц нанесенного на нее железа по закону электромагнитной индукции создает в обмотке головки воспроизведения слабый ток звуковой частоты, который усиливается и приводит в действие громкоговоритель Воспроизведение звука с ферромагнитной ленты может производиться многократно.

Ширина стандартной ферромагнитной ленты 6,5, а толщина 0,05—0,06 *мм*. Она хорошо склеивается, имеет малый вес. В катушке диаметром втрое меньше диаметра граммофонной пластинки умещается лента, необходимая для записи звука в течение 15—20 *мин*. Вес же ее меньше веса граммофонной пластинки.

Отличительная особенность магнитной звукозаписи заключается в том, что ненужную или плохо выполненную запись можно «стереть», протянув ферромагнитную ленту возле полюса сильного постоянного магнита или стирающей головки, подобной записывающей и воспроизводящей, но питающейся током ультразвуковой частоты.

Устройство магнитофона — аппарата для магнитного способа записи и воспроизведения звука — схематически показано на рис. 466. В него входят: усилитель низкой частоты, микрофон, громкоговоритель, головки для записи, воспроизведения и стирания звука и механизм, при помощи которого ферромагнитную ленту перематывают с одной бобины (катушки) на другую, плавно протягивая около полюсов головок.

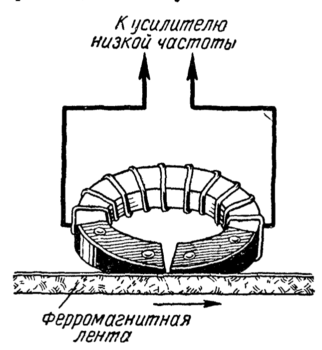


Рис. 465. Запись звука на ферромагнитную ленту.

Усилитель низкой частоты используется как при записи, так и при воспроизведении звука. Переход с записи на воспроизведение осуществляется переключателями $П_1$ и $П_2$. Положение переключателей, показанное на схеме, соответствует записи. В этом случае на вход усилителя включается микрофон, а на выход — звукозаписывающая головка; головка воспроизведения и громкоговоритель отключены.

Микрофон преобразует звук в электрические колебания низкой частоты Они усиливаются и подаются в обмотку звукозаписывающей головки, которая намагничивает движущуюся ферромагнитную ленту. По окончании записи лента при помощи электродвигателя может быть быстро перемотана с правой бобины на левую.

При воспроизведении звука переключатели $П_1$ и $П_2$ устанавливаются в нижнее (по схеме) положение. При этом на вход усилителя включается обмотка воспроизводящей головки, а на выход — громкоговоритель; микрофон, записывающая и стирающая головки отключены. Намагниченная ферромагнитная лента плавно движется возле полюсов воспроизводящей головки и создает в ее обмотке электрические колебания звуковой частоты, которые усиливаются и преобразуются громкоговорителем в звук.

Магнитофон сейчас стал самым распространенным аппаратом для записи и воспроизведения звука. На магнитофонах записывают радиопередачи, песни, рассказы, оперы, спектакли, лекции. Записанные в различных местах выступления артистов могут быть смонтированы в один концерт. Такие концерты мы часто слышим по радио. Запись на магнитной ленте сохраняется очень долго и может быть в любое время воспроизведена.

Магнитофоны очень удобны как секретари. Можно продиктовать деловое письмо, статью, а затем записанное перепечатать на машинке. Так, например, некоторые беседы, вошедшие в эту книгу, были мною проведены на занятиях кружка юных радиолюбителей и незаметно для ребят записаны на магнитофоне. Потом магнитофон «продиктовал» беседы машинистке, которая перепечатала их на бумагу.

Магнитная запись используется для шумового оформления спектаклей, при изучении иностранных языков, деятельности сердца и во многих других случаях.

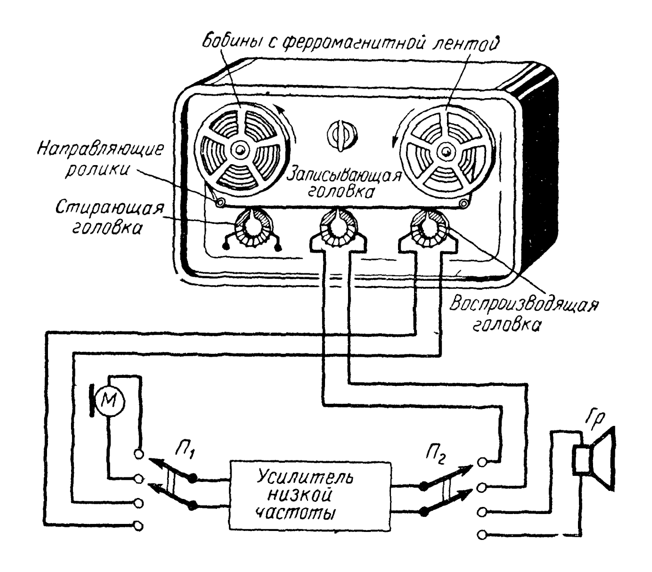


Рис. 466. Схематическое устройство магнитофона.

В последние годы в телевизионных студиях появились видеомагнитофоны — аппараты, записывающие на ферромагнитные ленты электрические сигналы изображений. Благодаря видеомагнитофонам мы часто по вечерам видим на экранах телевизоров разные события, записанные на телестудиях утром, когда мы работаем или учимся, или ночью, когда отдыхаем.

«Профессии» фотоэлементов

Помнишь мой рассказ о фотоэлементе, состоявшийся в двадцатой беседе? Тогда я предложил тебе сделать кое-какие бытовые автоматы-фотореле.

А вот несколько примеров использования фотореле в народном хозяйстве, которые я иллюстрирую схематичными рисунками (рис. 467).

На верхнем левом рисунке ты видишь транспортер, при помощи которого продукция завода переправляется на склад готовых изделий. Для счета изделий с одной стороны установлено фотореле, с другой — осветитель. Всякий раз, когда изделие перекрывает пучок света, фотореле приводит в действие «собачку» и она поворачивает храповик счетчика. Так в типографиях фотореле считают пачки газет и книг, на кондитерских фабриках — пачки печенья, коробки шоколада, баночки с леденцами.

При помощи фотоэлемента можно контролировать качество шлифовки изделий. Такого «браковщика» ты видишь на правом верхнем рисунке. Осветитель установлен так, что его пучок света отражается поверхностью изделия и падает на фотореле. Хорошо отшлифованная поверхность изделия отбрасывает на фотоэлемент больше света, чем плохо отшлифованная. В первом случае величина фототока больше, чем во втором. Это отмечает прибор-браковщик. Фотореле может даже дать «команду» другому механизму, который «снимет» бракованную деталь с транспортера.

Посмотри на средний рисунок. Перед гаражом установлены фотореле и осветитель. Как только к воротам гаража подходит автомобиль, он пересекает пучок света. Фотореле, фиксируя появление автомобиля, дает «команду» испол-

нительному механизму, открывающему ворота гаража. Пройдя ворота, автомобиль пересекает пучок света, направленный на другое фотореле, которое дает «команду» механизму, закрывающему ворота.

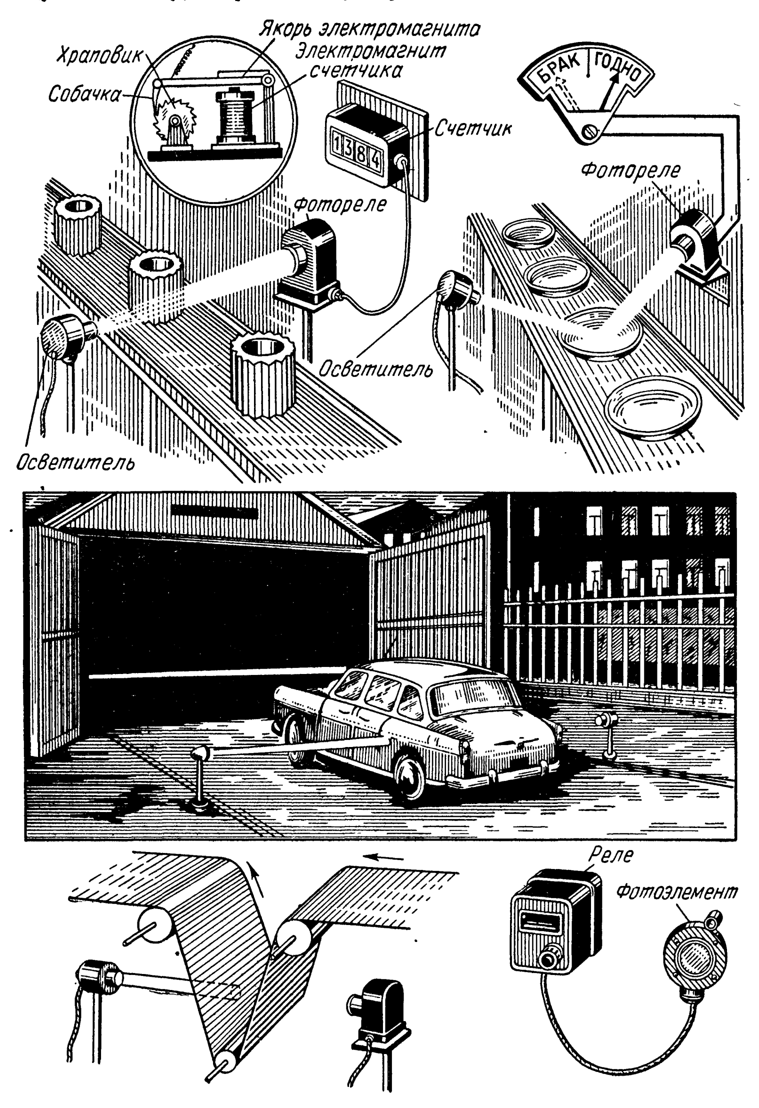


Рис. 467. Некоторые примеры применения фотореле.

На бумагоделательных машинах необходимо контролировать целость бумажной полосы. И здесь роль контролера может выполнять фотореле (рисунок внизу слева). В момент обрыва бумаги свет попадает на фотореле, и оно останавливает машину или подает тревожный сигнал мастеру.

Имеются приборы, автоматически включающие и выключающие освещение улиц, цехов заводов, бакены на реках и каналах. Один из таких приборов ты видишь на нижнем правом рисунке. Фотоэлемент соединен с реле, включающим и выключающим освещение. Вечером, когда освещенность падает до определенного предела, фототок уменьшается и реле включает лампы освещения. Утром, когда становится светло, реле выключает их.

Фотореле могут сигнализировать о возникновении пожара в помещении, где нет людей, и одновременно включать противопожарные средства. Их устанавливают перед мощными механическими молотами — при пересечении пучка света рукой движение молота прекращается. Фотореле регулируют уровни жидкостей в котлах и сосудах, определяют прозрачность воды, контролируют густоту дыма в трубах. Фотореле широко применяют там, где надо облегчить труд человека, сделать его более производительным.

А вот еще один, хорошо знакомый тебе пример, — фотоэлемент в кино. Именно благодаря фотоэлементу «немое» кино стало звуковым.

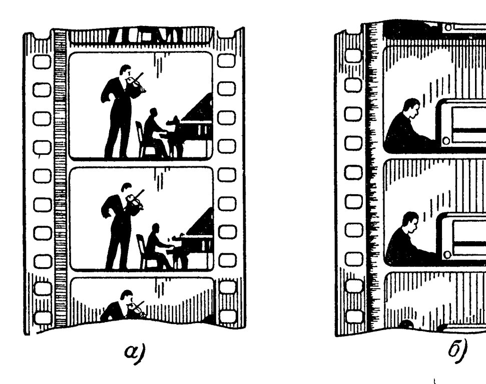


Рис. 468. Отрезки киноленты с различными способами оптической записи звука:

а — интенсивным; *б* — поперечным (трансверсальным).

Рассматривая ленту звукового кинофильма, ты не мог не заметить рядом с кадрами узкую полосу с причудливыми узорами (рис. 468). Это так называемая звуковая дорожка, или ф о н о г р а м м а — фотографическая запись звука, сопровождающего кинофильм. Музыку, песни, разговоры киноартистов, шумы сначала записали на специальном магнитофоне, который называется с и н х р о ф о н о м. Он отличается от обычного магнитофона тем, что его магнитная лента движется строго согласованно с движением кинопленки с изображением. Потом магнитную запись звука воспроизвели с помощью того же синхрофона, но низкочастотные колебания после усиления подали не на громкоговоритель, а на так называемый с в е т о в о й м о д у л я т о р — устройство, создающее световой пучок, интенсивность или ширина которого изменяется с силой и частотой подведенных к нему электрических колебаний. Модулированный световой пучок направили на светочувствительный слой движущейся киноленты. Действуя на светочувствительный слой, световой пучок «перенес» магнитную запись звука на киноленту. Киноленту проявили и закрепили, как обычный фотонегатив, и на ней получилась звуковая дорожка. После этого были напечатаны позитивные копии фильма, на которых есть и кадры изображения, и звуковая дорожка.

На рис. 468 ты видишь два отрезка ленты звукового кинофильма. На левом отрезке плотность затемнения звуковой дорожки изменяется по длине ленты. Это так называемый и н т е н с и в н ы й способ записи звука. На правом отрезке

плотность затемнения звуковой дорожки изменяется по ширине. Это поперечный (трансверсальный) способ записи звука.

В кинотеатре звук воспроизводят с помощью фотоэлемента (рис. 469). В кинопроекторе имеется лампа просвечивания, создающая поток света постоянной силы. Линза собирает лучи от лампы в пучок, ярко освещающий узкую щель. Пройдя щель и объектив, узкая полоска света «пронизывает» звуковую

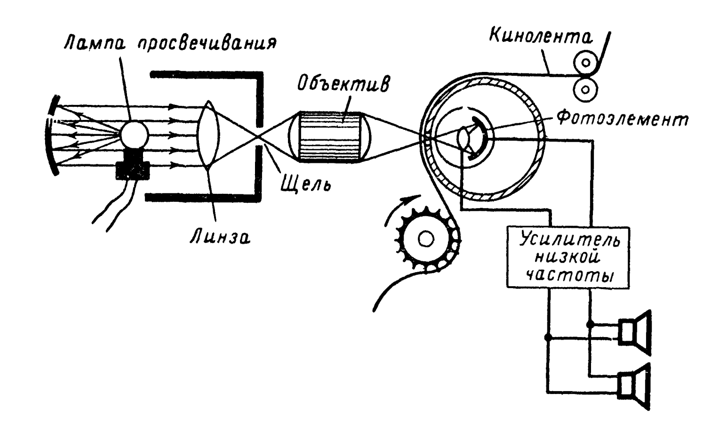


Рис. 469. Схема воспроизведения звука в кинотеатре.

дорожку и попадает на фотоэлемент. В цепи фотоэлемента получаются электрические колебания звуковой частоты, которые усиливаются и при помощи громкоговорителей, установленных в зале, преобразуются в звук.

Оптические способы записи звука на кинопленку были разработаны П. Г. Тагером, А. Ф. Шориным, В. Д. Охотниковым и другими советскими учеными и инженерами. Сейчас оптическая запись звука стала вытесняться магнитной — как в магнитофонах.

«Профессии» телевидения

Рожденное как средство отдыха, развлечения, телевидение стало сейчас помощником человека в труде, поисках, исследованиях, открытиях (рис. 470).

...Огромный металлургический комбинат. Людей в цехах не видно — все делают машины-автоматы. Но человек внимательно следит за всеми технологическими процессами, наблюдает за работой автоматических линий.

В цехах, где идет разлив стали, возле прокатных станов, поточных автоматических линий стоят передающие телевизионные камеры. Сигналы видеоизображений по кабелям подаются в аппаратную диспетчерского пункта, где находятся инженеры-технологи, мастера. Перед ними — экраны телевизоров, позволяющие видеть все, что происходит в цехах, вмешиваться, когда надо, в работу машин.

А вот еще пример — из области медицины. В хирургическом отделении больницы идет сложная операция. В операционной, кроме больного, только опытный хирург с мировым именем и его ассистенты. Но все, что делают осторожные руки профессора, все приборы, контролирующие состояние больного, видят многие другие хирурги, врачи, студенты-практиканты. Операционная стала как бы огромной аудиторией, заполненной людьми, не мешающими хирургу спасать жизнь человека.

Телевизионная техника стала неотъемлемой частью крупных железнодорожных узлов, где формируются товарные поезда, речных, морских авиационных портов. С помощью передающих телевизионных камер и телевизионных приемников диспетчеры имеют возможность видеть все участки территорий узлов и портов, руководить всеми работами, отправлять своевременно поезда, суда, самолеты.

Телевидение позволяет наблюдать за подводными работами, заглянуть в морские глубины, в кратеры вулканов, куда без риска нельзя спуститься человеку, видеть процессы, происходящие в атомном реакторе, не боясь смертоносных излучений. С помощью телевидения мы увидели Луну, наблюдали за работой наших космонавтов в их космических кораблях и в космосе.

Такова, юный друг, роль телевизионной техники. Она — техника не только сегодняшнего, но и будущего дня.

Быстрее мысли

Человек создал для себя множество механических помощников. Это всякого рода инструменты, приспособления, станки, машины. Они помогают обрабатывать различные материалы, рыть землю, плавить металл, строить новые машины. Они облегчили физический труд.

Человек создал для себя и помощников в умственном труде. Одного из таких помощников ты хорошо знаешь — это счеты. Хотя «машина» эта очень проста, она значительно ускоряет работу вычислителя. Неслучайно поэтому счеты всегда лежат под рукой бухгалтера, кассира, продавца магазина.

Более сложная арифметическая вычислительная машина — арифмометр — появилась лет 100 назад, а в 1912 г. академиком А. Н. Крыловым была сконструирована и построена первая в мире машина для решения задач высшей математики. Но и она была чисто механической машиной: основными ее частями были колесики с цифрами, рычажки, пружинки.

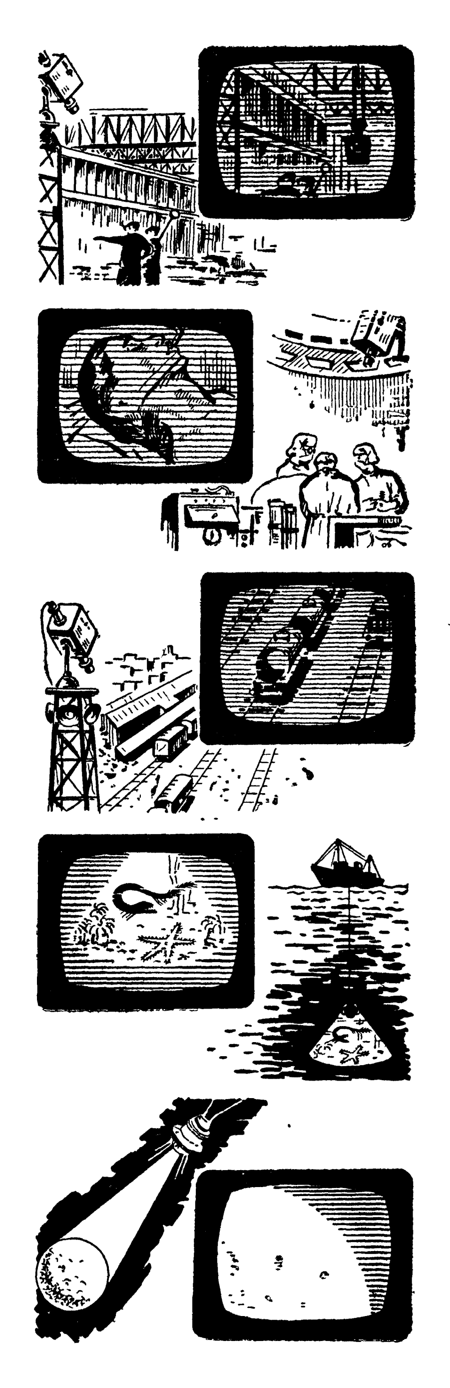


Рис. 470. Некоторые примеры применения телевизионной техники.

А сравнительно недавно появились быстродействующие автоматические электронные машины, помогающие не только считать, но и «мыслить». Работают они со сказочной быстротой. Одна машина может произвести в секунду несколько сотен тысяч математических операций с девятизначными числами, выполняя вычисления с точностью до миллиардных долей единицы. За несколько часов работы машина может произвести столько вычислений, сколько опытный вычислитель, вооруженный арифмометром, не сможет сделать за всю свою жизнь.

В «умных машинах» работают электронные, полупроводниковые и многие другие приборы. В машине БЭСМ (быстродействующая электронная счетная машина), работающей в Академии наук СССР, несколько тысяч электронных и полупроводниковых приборов. На ней, в частности, производились расчеты и корректировка орбит наших космических кораблей.

Представление о внешнем виде одной из советских электронных счетных машин может дать рис. 471.

Когда ученые приступают к решению какой-либо сложной задачи, они выражают ее в виде математических уравнений, которые зачастую очень сложны.

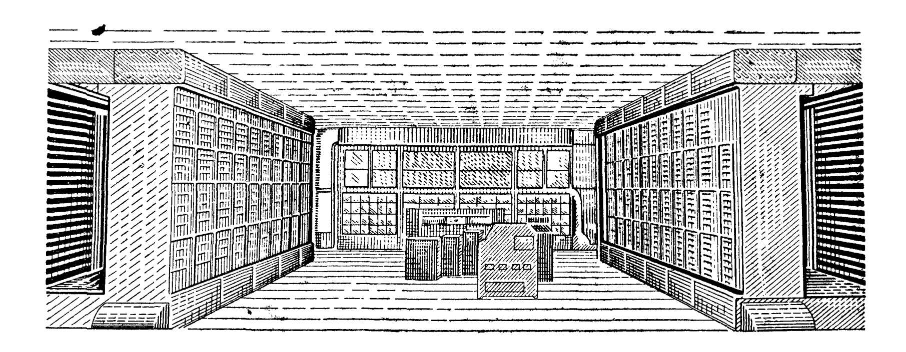


Рис. 471. Быстродействующая электронная счетная машина «Стрела» (в середине — ее пульт управления).

Но зная математические методы и законы, можно любое, даже самое сложное уравнение решить при помощи четырех действий арифметики: сложения, вычитания, умножения и деления. Программа всех вычислений и их последовательности определяются для машины заранее и зашифровываются условными знаками. При этом машина «запоминает» и хранит в «памяти» результаты всех промежуточных и конечных действий. Роль «памяти» выполняют магнитные материалы. Машина преобразует знаки в электрические импульсы и оперирует ими. «Продукцией» машины также являются электрические импульсы, которые она преобразует в арифметические знаки. Расшифровав их, получают решение заданной машине задачи.

Чтобы ты мог иметь представление о значении быстродействующих электронных счетных машин, приведу лишь два примера.

Для точного предсказания погоды необходимо собрать сведения от многих метеостанций, расположенных в различных точках земного шара, а потом произвести на основе этих сведений несколько десятков миллионов вычислений. С такой работой большая группа вычислителей может справиться за срок около двух недель. А электронная машина «Погода» выполняет ту же работу за два часа!

Расчет траектории полета снаряда требует работы огромного коллектива вычислителей в течение нескольких суток. Электронная счетная машина же может произвести этот расчет быстрее, чем снаряд долетит до цели!

Быстродействующие электронные счетные машины используются сейчас не только для производства сложных вычислений. Они могут переводить текст с одного языка на другой. В этом случае в запоминающее устройство машины вводят слова, обороты речи и грамматические правила, записанные на ее математическом «языке». Машина, пользуясь «памятью», подбирает подходящие слова, изменяет их по падежам, числам, временам и ставит их в нужном порядке, образуя предложения. Готовый перевод она «выдает» в уже отпечатанном виде.

Электронную машину можно «научить» играть в шахматы. Такие опыты уже проводились. Машина «перебирала» все возможные варианты шахматных ходов и останавливалась на тех из них, которые давали наилучшие результаты.

Создана «читающая» машина. С помощью ее человек, потерявший зрение, может слушать чтение обычных книг, журналов, газет. Роль «глаза» выполняет световой зайчик, скользящий по строкам страниц. При этом специальные устройства в машине накапливают электрические сигналы и включают механизмы, произносящие слова текста.

«Специальности» электронных машин очень различны. Есть, например, машины, которые по чертежам обрабатывают детали, автоматически управляя станком, следят за всеми процессами в сталеплавильных печах, контролируют работу электростанций, водят поезда и самолеты, сортируют вагоны на железнодорожных товарных станциях, регулируют уличное движение городского транспорта, определяют болезни человека и указывают методы лечения их. В недалеком будущем на крупных промышленных предприятиях, в проектных организациях, статистических управлениях, банках, научно-исследовательских институтах и лабораториях утомительный труд работников умственного труда будут выполнять электронные машины. Появятся они и в школах в помощь учителям, в помощь таким же ученикам, как ты.

Когда на занятиях радиокружка рассказываешь об «умных» электронных машинах, некоторым ребятам представляется, что теперь изучать физику, математику, иностранные языки не надо — есть, мол, машины. Правы ли они? Нет, не правы. Эти машины созданы человеком и управляются только им. Любое домашнее задание электронная вычислительная машина могла бы выполнить за несколько секунд. Но для этого ей нужно составить «программу» действий. А без глубоких знаний основ наук такой программы не составишь, и сложная машина — плод труда ученых, инженеров, рабочих — окажется никчемной вещью.

Радиоэлектроника всюду

Радиоэлектроника вооружила работников здравоохранения приборами, позволяющими до тончайших подробностей изучать жизнедеятельность каждого органа человека, каждую мышцу его. Кабинеты современной поликлиники стали больше походить на выставку радиоэлектронной аппаратуры, чем на комнату для приема больных.

Одно из чудеснейших достижений радиоэлектроники в медицине — электрокардиограф. Это аппарат для записи электрических токов сердца. При каждом сокращении сердца, при каждом движении его клапанов возникают чрезвычайно слабые электрические токи. Воспринятые чувствительными приборами и усиленные в миллионы раз они приводят в действие механизм, «рисующий» на бумаге извилистую периодически повторяющуюся кривую линию — электрокардиограмму, которая рассказывает врачам о деятельности сердца, помогает определить методы лечения.

Работа головного мозга тоже вызывает электрические токи напряжением в миллионные доли вольта. Они, как и токи мышц, могут быть усилены и записаны прибором со сложным названием — электроэнцефалографом.

По этим кривым врачи определяют психическое состояние человека, обнаруживают различные опухоли, нарушающие работу мозга, делают соответствующие выводы.

Медикам и биологам радиоэлектроника дала электронный микроскоп, при помощи которого можно рассматривать останки бактерий и клеток. Это позволяет искать и находить более эффективные пути борьбы с извечными врагами человека — болезнетворными вирусами, пути увеличения продолжительности жизни.

Химия — наука о превращении веществ. Она повышает урожаи продуктов сельскохозяйственного производства, создает новые материалы нашей повседневной жизни, строительства, промышленности. Само же химическое производство — дело сложное, тонкое.

Прежде чем спроектировать и построить химический комбинат или даже только один цех его, в лабораториях ведут тщательное изучение всех химических процессов будущего производства. Огромное число анализов, измерений, расчетов надо сделать, чтобы не допустить ошибок. Раньше эта подготовительная исследовательская лабораторная и проектировочная работа продолжалась иногда до 8—10 лет. Теперь, когда радиоэлектроника дала химикам точнейшие и чувствительнейшие приборы, этот срок сократился в 4—5 раз.

И в химическом производстве радиоэлектроника заняла почетное место. Во всех цехах и уголках современных химических комбинатов и заводов электронные приборы и машины стали верными помощниками технологов. Они контролируют температуру, давление, влажность, активность химических реакций, расход исходных материалов, сравнивают фактические данные с исходными данными программы технологических процессов и управляют этими процессами.

Что такое пластмасса, ты, конечно, знаешь. Из нее делают самые различные вещи: детали машин, футляры приборов, предметы домашнего обихода. Согласно технологии пластмасса, нагретая до строго определенной температуры, попадает под штамп. Даже малейшее отклонение от заданной температуры приводит к браку. Но на современном производстве пластмассовых изделий этого почти не случается, потому что нужная температура автоматически регулируется станцией терморегулирования. Она так и называется: АСТ — автоматическая станция терморегулирования. Рассчитана она на измерение и автоматическое регулирование температуры более чем в 150 точках. И если хотя бы один из температурных датчиков окажется неисправным, станция автоматически подает тревожный сигнал — требуется помощь техника.

Радиоэлектроника помогает чудеснице химии идти вперед гигантскими шагами, а химия в свою очередь способствует прогрессу радиоэлектроники. Помнишь мой рассказ о полупроводниковых приборах? Это ведь химия дала радиоэлектронике полупроводниковые материалы, из которых делаются диоды и транзисторы.

А электроннолучевая трубка телевизора, радиолокатора, осциллографа? Люминофор ее экрана, светящийся при бомбардировке его электронами, тоже изготовляется химическим путем.

Без химически чистых материалов невозможно производство хороших электронных ламп, резисторов, конденсаторов и многих других элементов радиоаппаратуры.

Я, пожалуй, не ошибусь, если скажу, что все последние наиболее крупные достижения и открытия в области физики стали возможными только благодаря радиоэлектронике, являющейся частью этой обширнейшей области человеческих знаний. Радиоэлектроника помогает физикам в исследовании микромира и извлечении из недр атома скрытой там энергии. Но тайны природы внутриядерных сил до конца еще не раскрыты. И вот физики проектируют и строят мощные ускорители протонов. Размеры протонов, как ты знаешь, ничтожно малы, а камера, в которой физики разгоняют эти элементарные частицы, представляет собой полое кольцо, внутренняя часть которого имеет протяженность более 600 *м*. Электромагнит ускорителя весит 4 000 *т*, а для его питания требуется мощность тока 30 000 *квт*. Внутри такого сооружения ученые разгоняют пучки протонов до огромных скоростей, сообщая им большую кинетическую энергию, и бомбар-

дируют ими атомное ядро. Так, как бы стреляя протонами по атомному ядру, удается постепенно расширять и уточнять наши представления об атомном ядре, раскрывать его тайны.

***

В одной беседе невозможно дать хотя бы беглый обзор достоинств радиоэлектроники. Чтобы только перечислить все виды применения ее, не хватит и тома в несколько сотен страниц, потому что нет такой области культуры, производства, науки, где бы сейчас не использовались средства радиоэлектроники и в развитии которой она не играла бы все возрастающую роль.

БЕСЕДА ДВАДЦАТЬ ШЕСТАЯ

Радиокружок в школе

Эту последнюю нашу беседу я посвящаю некоторым советам по работе кружка радиолюбителей в школе, изготовлению простых, но очень нужных для радиокружка и физического кабинета учебно-наглядных пособий, которые помогут лучше усвоить основы радиотехники.

Для ребят, не занимавшихся ранее радиолюбительством, рекомендую организовать кружок по подготовке значкистов «Юный радиолюбитель». О примерной программе этого кружка расскажу в конце беседы.

Предлагаемые здесь учебно-наглядные пособия — действующие конструкции, смонтированные в развернутом виде на прямоугольных панелях из органического стекла толщиной 3—5 *мм*. Этот материал является хорошим изолятором, легко обрабатывается, сверлится. Если не найдется органического стекла, панели можно выпилить и из другого изоляционного материала, например листового эбонита, текстолита и даже из фанеры, пропитанной парафином или покрытой лаком; важно, чтобы панели были прочными и имели опрятный вид. Детали на панелях располагают и соединяют в том порядке, который принят в принципиальных схемах. Готовые же пособия крепятся на подставках любой конструкции.

Имея такие пособия, можно провести в школе интересный вечер, посвященный радиоэлектронике, например в «День радио». Сами же пособия и приборы, изготовленные в кружке, будут скромным, но ценным подарком родной школе.

Упрощенная модель приемника А. С. Попова

Прежде всего рекомендую сделать в кружке упрощенную модель приемника А. С. Попова, о котором рассказывалось в первой беседе. Упрощенная схема и общий вид такой модели показаны на рис. 472. Модель состоит из последовательно соединенных когерера *К*, электрического звонка *Зв* и батареи *Б*. К зажиму *А* подключается антенна, к зажиму *З* — заземление или противовес. Эта модель отличается от приемника А. С. Попова (см. рис. 18) лишь тем, что в ней отсутствует чувствительное электромагнитное реле, включающее звонок. Поэтому модель способна принимать сигналы на небольшом расстоянии. Основной же принцип работы приемника А. С. Попова в ней сохранен.

Устройство когерера показано на рис. 473. Это стеклянная трубочка длиной 35—40 и диаметром 8—10 *мм* с двумя контактными пластинками, вырезанными из тонкой латуни или меди (в крайнем случае из тонкой жести), являющимися одновременно и выводами когерера. Пространство между пластинками заполнено крупными стальными опилками (их можно напилить грубым напильником). Пластинки и опилки удерживаются в трубочке пробками. Наполняя и закрывая трубочку, надо следить, чтобы пластинки соединялись только через опилки. Уплотнять же опилки не следует, иначе они не будут встряхиваться. На трубочку когерера следует надеть широкое резиновое кольцо или обмотать ее полоской резины, отрезанной от негодной волейбольной, футбольной или велосипедной камеры.

Сопротивление опилок постоянному току резко уменьшается, когда по цепи, в которую включен когерер, проходит ток высокой частоты: под воздействием

этого тока соприкасающиеся поверхности опилок слегка спекаются, вследствие чего общее сопротивление опилок уменьшается. Но достаточно легкого сотрясения, чтобы сопротивление когерера вновь увеличилось.

Модель действует следующим образом. Пока в антенне приемника не возбуждается достаточной величины ток высокой частоты, сопротивление когерера велико, а значит, электрический ток в цепи, в которую он включен, мал. При этом звонок не звонит. Когда же появляется ток высокой частоты, сопротивление когерера мгновенно уменьшается, ток в его цепи резко возрастает и звонок начинает звонить. При этом молоточек звонка ударяет то по чашечке звонка, то по резиновому кольцу на когерере, встряхивая в нем опилки. На короткий импульс электромагнитных волн модель отзывается коротким звонком, на продолжительный импульс продолжительным звонком.

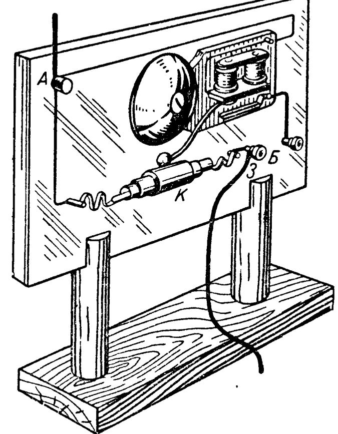


Рис. 472. Схема и общий вид упрощенной модели приемника А. С. Попова.

В модели может быть использован любой электрический звонок с прерывателем, рассчитанный на питание от источника постоянного тока низкого напряжения.

Сначала надо укрепить на панели звонок, а под ним две стоечки — кусочки толстой медной проволоки такой длины, чтобы резиновое кольцо подвешенного между ними когерера оказалось возле молоточка звонка. При работе звонка молоточек должен ударять по резиновому кольцу. К контактным выводам когерера припаяны латунные полоски шириной 4—5 *мм*, сложенные гармошкой. Свободными концами эти полоски припаяны к стоечкам. Когерер можно также подвесить при помощи резиновых полосок, соединив выводы его со стоечками кусочками провода, свитыми в спирали.

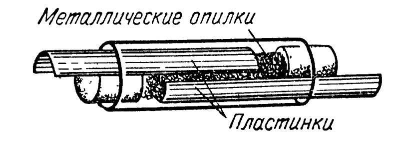


Рис. 473. Когерер.

Антенной служит штырь или кусок проволоки длиной 120—150 *см*. Провод противовеса должен иметь такую же длину.

В качестве возбудителя электромагнитных волн используется индукционная катушка (имеется в физическом кабинете школы), к разряднику которой подключаются проводники такой же длины, как антенна и противовес приемника. Эти проводники будут выполнять роль антенного устройства передатчика. При включении индукционной катушки, когда между ее разрядниками проскакивают искры, присоединенные к ней проводники излучают электромагнитные волны, которые возбуждают в модели приемника ток высокой частоты, спекающий метал-

лические опилки когерера. При этом включается звонок. Как только выключается питание индукционной катушки, прекращается излучение волн и звонок перестает звонить.

Чем больше искра между разрядниками индукционной катушки, тем на бо́льшем расстоянии действует установка. Однако это расстояние обычно не превышает 5—6 *м*.

Вместо звонка в цепь когерера можно включить лампочку для карманного фонаря или измерительный прибор. Как только индукционная катушка даст разряд, лампочка загорится, а прибор покажет увеличение тока. От легкого удара пальцем по когереру опилки в нем встряхиваются, лампочка гаснет и ток через прибор уменьшается до нового разряда индукционной катушки.

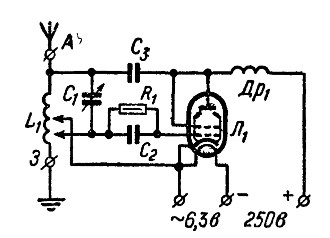
Надо помнить, что индукционная катушка, снабженная излучающими проводниками, создает для радиовещательных приемников помехи в виде тресков. Поэтому пользоваться ею в качестве возбудителя электромагнитных волн во время демонстрации опытов нужно только самое короткое время.

Генератор токов высокой частоты и опыты с ним

Чтобы продемонстрировать принцип передачи и приема радиосигналов, зависимость настройки колебательного контура от его емкости и индуктивности, явление резонанса, а также проделать некоторые другие опыты, нужны генератор токов высокой частоты, колебательные контуры и кое-какие другие простые устройства.

Принципиальная схема и внешний вид учебного генератора токов высокой частоты показаны на рис. 474. В нем используется лучевой тетрод 6П1П, 6П6С, 6П3С или 6П14П, включенный триодом (экранирующая сетка соединена с анодом). Для питания анодной цепи генератора используется выпрямитель с напряжением 225—250 *в*, для питания нити накала — переменное напряжение 6,3 *в*.

Катушка L_1 и конденсатор C_1 образуют колебательный контур генератора.



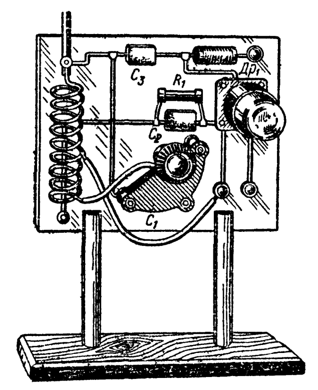


Рис. 474. Принципиальная схема и конструкция учебного генератора колебаний высокой частоты.

Конденсатор C_2 и резистор R_1 служат для создания на управляющей сетке лампы начального отрицательного напряжения смещения. Конденсатор C_3 — разделительный. свободно пропуская колебания высокой частоты, он задерживает постоянную составляющую анодной цепи лампы. Дроссель $Др_1$ препятствует проникновению колебаний высокой частоты в выпрямитель.

Катушка L_1 содержит 8—10 витков медной проволоки диаметром 2—3 *мм*. Ее надо намотать виток к витку на цилиндрической болванке диаметром 50—80 *мм*. При креплении на панели ее немного растягивают, чтобы между витками получились промежутки по 8—10 *мм*.

Конденсатор C_1 должен быть с воздушным диэлектриком и иметь наибольшую емкость 100—200 *пф.* Между его подвижными и неподвижными пластинами должны быть зазоры по 2,5—3 *мм*, иначе при работе генератора между ними будет происходить искрение. Такой конденсатор можно сделать из конденсатора переменной емкости старой конструкции, удалив из него часть пластин. Он может быть и самодельным из четырех-пяти подвижных и пяти-шести неподвижных пластин. Конденсатор C_2 — слюдяной емкостью 220—250 *пф.* Резистор R_1 — на мощность рассеяния не меньше 1 *вт.* Его сопротивление может быть в пределах 22—33 *ком.* Конденсатор C_3 должен быть обязательно слюдяным или керамическим емкостью 270—560 *пф* на рабочее напряжение не меньше 500 *в.*

Дроссель высокой частоты $Др_1$ можно намотать на картонном каркасе длиной 40—50 и диаметром 15—20 *мм*, уложив на нем 50—80 витков провода ПЭВ или ПШО 0,2—0,3.

Детали генератора на панелях соединяются медной проволокой толщиной 2—3 *мм.* Катод и цепь сетки лампы подключаются к катушке гибкими изолированными проводниками при помощи жестяных зажимчиков. Верхний конец контурной катушки соединяется с короткой металлической трубкой, в которую вставляется металлический штырь, выполняющий роль антенны. К зажиму, соединенному с нижним концом катушки, будет подключаться изолированный проводник, заменяющий заземление. Длина штыря антенны и проводника заземления по 80—100 *см.*

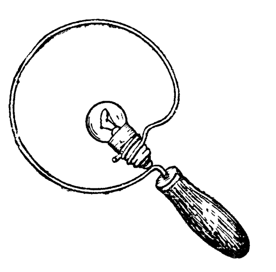


Рис. 475. Высокочастотный пробник.

На ось конденсатора переменной емкости обязательно надо насадить эбонитовую или пластмассовую ручку.

Для налаживания и демонстрации работы генератора нужен высокочастотный пробник (рис. 475) — виток медного провода толщиной 1—2 *мм*, замкнутый на лампочку накаливания, рассчитанную на напряжение 2,5 *в* и возможно меньший ток накала. Чем меньше ток накала лампочки, тем пробник чувствительнее.

После проверки правильности монтажа можно подключить к генератору выпрямитель. Вначале проводник, соединенный с катодом лампы, должен быть подключен к 3—4-му витку катушки (считая от нижнего конца), а подвижные пластины конденсатора переменной емкости находиться в среднем положении. Антенный штырь и проводник заземления пока не подключать.

Когда катод накалится, поднеси к генератору высокочастотный пробник, расположив его виток параллельно виткам контурной катушки. Лампочка пробника должна загореться. Она будет гореть тем ярче, чем ближе пробиик к катушке. Удали теперь виток на такое расстояние от катушки, при котором лампочка его будет еще гореть, и переключением зажимчика катодного проводника на соседние витки катушки добейся наиболее яркого горения лампочки. Лампочка может перегореть, если поднести виток слишком близко к катушке генератора.

Этот генератор работает достаточно устойчиво. Диапазон генерируемых им частот находится примерно в пределах 15—20 *Мгц*, что соответствует волнам длиной 20—15 *м.*

Приемное устройство — это простейший колебательный контур, схема и устройство которых показаны на рис. 476. Катушка и конденсатор переменной емкости, а также антенна и заземление здесь точно такие же, как и в генераторе. Между антенным зажимом и колебательным контуром включена сигнальная лампочка накаливания от карманного фонаря. При точной настройке контура на частоту генератора лампочка будет гореть.

Вот некоторые опыты, которые можно проделать с генератором и приемным контуром.

Опыт первый. Поднеси к контурной катушке генератора неоновую лампочку— она будет светиться. Почему? Потому что электрическое поле высокой частоты, пронизывая лампочку, ионизирует частицы газа, наполняющего ее баллон. При

этом они светятся. «Прощупывая» цоколем неоновой лампочки все проводники цепей генератора, легко убедиться, что колебания высокой частоты есть всюду, кроме тех проводников, куда их не пропускает дроссель.

Опыт второй. Привяжи на нитке лезвие безопасной бритвы и, взяв нитку за второй конец, опусти лезвие внутрь катушки генератора. Через некоторое время лезвие нагреется (нужно проверить это при различных положениях подвижных пластин конденсатора переменной емкости и заметить то, при котором получается наилучший результат). Если лезвие обернуть небольшим куском кинопленки, то пленка воспламенится, что будет свидетельствовать о сильном нагреве лезвия.

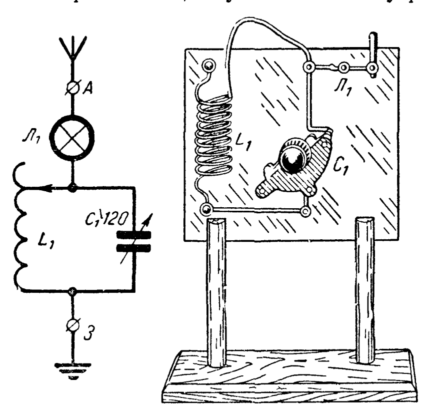


Рис. 476. Приемный колебательный контур.

Почему нагревается стальное лезвие? Потому что магнитное поле высокой частоты, существующее в катушке, возбуждает в металле лезвия токи, которые и нагревают его. На этом принципе, как ты уже знаешь, основаны высокочастотные закалка и плавка металла.

Опыт третий. Подключи к генератору высокой частоты антенну и заземление, превратив таким образом генератор в передатчик. Установи подвижные пластины конденсатора в среднее положение. Вблизи генератора поставь приемный колебательный контур, также снабженный антенной и заземлением (рис. 477). Настрой приемный контур на частоту генератора. При этом лампочка, включенная в цепь антенны приемного контура, будет ярко гореть. Измени частоту генератора — и лампочка приемного контура погаснет. Чтобы она вновь загорелась, необходимо приемный контур вновь настроить в резонанс с частотой генератора.

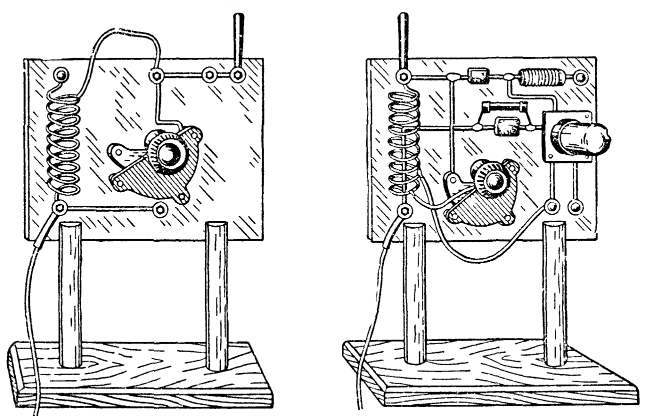


Рис. 477. Демонстрация принципа радиопередачи и радиоприема.

Расстояние между генератором и приемным контуром, при котором горит лампочка, зависит от напряжения выпрямителя, питающего генератор, и величины тока накала лампочки. При использовании лампочки от карманного фонаря,

рассчитанной на ток 0,28 *а*, она может гореть на расстоянии 1—1,5 *м*, а при лампочке, рассчитанной на ток 0,075 *а*, это расстояние может достигать 5—6 *м*. А если проводники заземления генератора и приемного контура соединить, то расстояние, на котором будет гореть лампочка, может увеличиться до 15—20 *м*.

Опыт четвертый. Расположи приемный контур и генератор на расстоянии 0,5—1 *м* один от другого и настрой их в резонанс. Затем помести между ними лист бумаги, кусок фанеры или деревянный щит. Лампочка приемного контура будет по-прежнему светиться. Если даже генератор установить с одной стороны стены, а приемный контур — с другой, лампочка приемного контура все равно будет гореть. Значит, радиоволны свободно проникают через эти преграды. Связь между генератором и приемником ухудшается или совсем пропадет, если между ними поместить металлический лист. В этом случае часть энергии радиоволн будет поглощаться металлом, а часть рассеиваться им. Поэтому до антенны приемника излучаемая антенной передатчика энергия радиоволн почти не дойдет.

Посоветуйся с преподавателем физики, он подскажет еще некоторые не менее любопытные демонстрационные опыты с генератором тока высокой частоты.

Хотя и невелика мощность учебного генератора высокой частоты, но и он создает в эфире помехи. Поэтому пользоваться им следует лишь непродолжительное время — только для демонстрации опытов. К тому же очень осторожно, не забывая, что в его анодной цепи действует высокое напряжение!

Развернутая схема радиоприемника

Большую ценность для радиокружка и физического кабинета представляют развернутые схемы действующих радиоприемников или отдельных каскадов, из которых можно составить приемник, усилитель.

Наиболее желательными учебными пособиями являются детекторный приемник, одноламповый усилитель низкой частоты, простейший одноламповый приемник и выпрямитель. Они, как и описанные выше пособия, монтируются на плоских панелях с подставками.

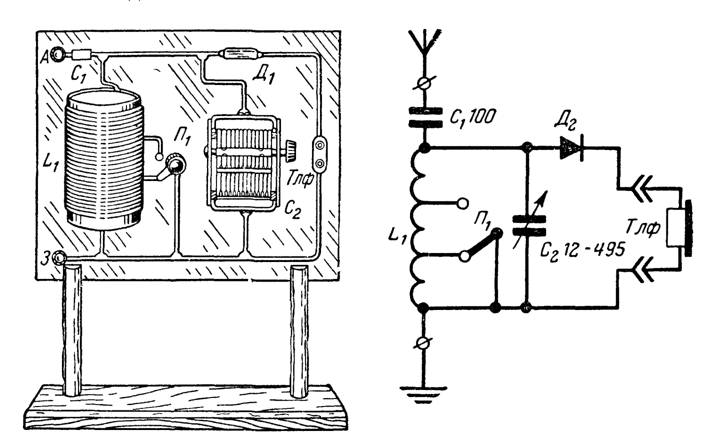


Рис. 478. Развернутая схема детекторного приемника.

Детекторный приемник лучше всего сделать с цилиндрической катушкой и конденсатором переменной емкости (рис. 478). Достаточно подключить телефон, антенну и заземление — и приемник готов к демонстрации.

На одном щите можно смонтировать несколько разных развернутых схем детекторных приемников. Такое пособие позволит начинающим радиолюбителям

рассмотреть различные варианты схем приемников и выбрать для постройки ту из них, которая им больше понравится.

Наиболее простой однокаскадный усилитель низкой частоты — на триоде, например, на лампе 6С5С (рис. 479). В анодную цепь лампы такого усилителя можно включать телефон, электромагнитный или маломощный электродинамический громкоговоритель. Усилитель, разумеется, может быть более сложным, например двухкаскадным с выходной мощностью 1—3 *вт*, который можно использовать для проигрывания грампластинок, в качестве маломощного радиоузла.

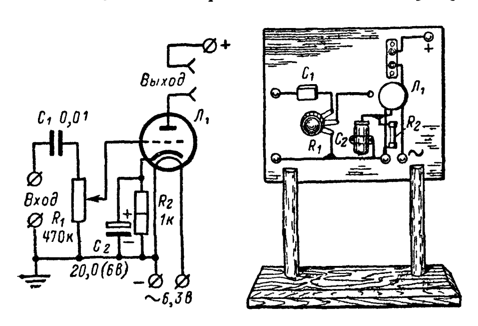


Рис. 479. Принципиальная схема и конструкция однолампового усилителя низкой частоты.

Простой одноламповый приемник показан на рис. 480. Параллельно телефонным гнездам, являющимся выходом приемника, подключен резистор R_2, который будет служить нагрузкой лампы, когда к приемнику будет добавляться усилитель низкой частоты. С целью упрощения пособия для приемника следует использовать триод, например 6С5С. В случае использования пентода надо будет лишь добавить цепь питания экранирующей сетки.

Выпрямитель для питания учебных пособий может быть собран по любой из знакомых схем — однополупериодный или двухполупериодный, на кенотроне, селеновых вентилях или плоскостных диодах. На панели выпрямителя могут находиться измерительные приборы, показывающие напряжения и токи анодных и накальных цепей питающихся от него пособий.

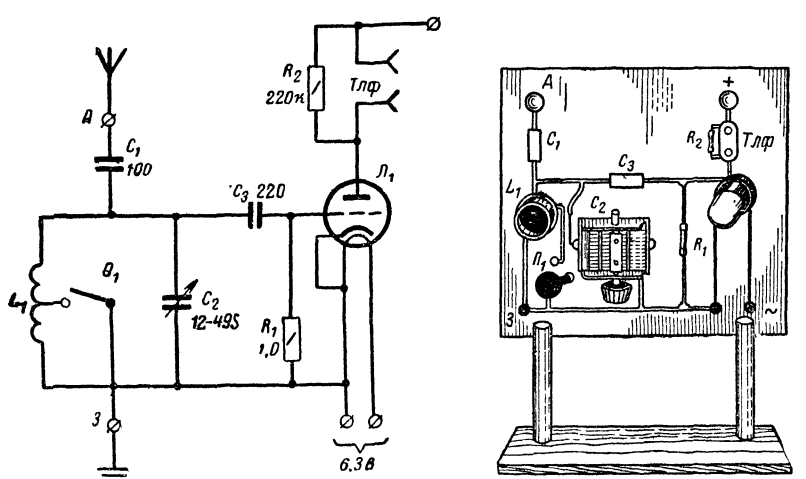


Рис. 480. Принципиальная схема и конструкция однолампового приемника.

Предлагаемые пособия позволяют демонстрировать схемы, устройство и работу детекторного приемника без усилителя и с усилителем, однолампового приемника. Добавив к одноламповому приемнику усилитель низкой частоты, получится двухламповый приемник прямого усиления по схеме 0-V-1.

А если смонтировать еще каскад усиления высокой частоты, аналогичный одноламповому приемнику, но на пентоде, комплект пособий позволит демонстрировать еще приемники прямого усиления 1-V-0, 1-V-1.

Подобным образом на панели можно развернуть любой транзисторный усилитель или приемник, например приемник прямого усиления по схеме на рис. 270. Транзисторы, конденсаторы, резисторы и соединительные проводники монтируют на шпильках, выходные гнезда для подключения телефона или громкоговорителя и выключатель питания врезают в панель, батарею крепят к панели жестяным хомутиком.

Налаживание таких и подобных им пособий ничем не отличается от налаживания конструкций, монтируемых в футлярах.

Примерная программа кружка по подготовке значкистов «Юный радиолюбитель» *

Тема 1. Наша страна — родина радио (2 часа)

7 мая — традиционный праздник «День радио». Изобретатель радио — великий русский ученый А. С. Попов. История развития радио. Вклад русских и советских ученых в развитие радиотехники. В. И. Ленин о радио.

Значение радиотехники и электроники в науке, техническом прогрессе, культурной жизни, обороне страны, в завоевании космоса.

Радиолюбители — резерв кадров для радиотехнической промышленности и организаций связи.

Радиоклубы ДОСААФ — центры радиолюбительской работы и радиоспорта.

Тема 2. Элементы электро- и радиотехники (6 часов)

Понятие о строении вещества, электрическом токе и его свойствах. Источники постоянного тока. Проводники, полупроводники и непроводники (изоляторы) тока. Электрические величины и приборы для их измерений.

Закон Ома для участка цепи и его практическое применение.

Понятие о переменном токе и его источниках. Период, частота, амплитуда переменного тока.

Устройство, принцип работы и назначение конденсаторов, катушек индуктивности, трансформаторов и автотрансформаторов, резисторов. Единицы измерения емкостей конденсаторов и сопротивлений резисторов. Параллельное и последовательное соединение конденсаторов и резисторов.

Устройство и работа микрофона и электромагнитного головного телефона (наушников). Как звуковые колебания преобразуются в электрические колебания низкой (звуковой) частоты и электрические — в звуковые.

Графическое обозначение радиотехнических деталей и приборов на электрических принципиальных схемах.

Блок-схема радиовещательного тракта. Понятие о генерировании колебаний высокой частоты, модуляции, излучении и распространении радиоволн. Сущность работы радиоприемника.

Меры предосторожности при пользовании электроосветительной сетью.

Практические работы. Ознакомление с устройством химических источников тока, конденсаторов, катушек индуктивности, трансформаторов, резисторов.

---

* Программа утверждена ЦК ДОСААФ СССР и согласована с Министерством просвещения СССР.

Опыты с замкнутой электрической цепью. Сборка и испытание простейшего устройства для проводной связи из микрофона, головного телефона и батарейки. Демонстрация опытов с учебным генератором высокой частоты.

Тема 3. **Простейший радиоприемник (6 часов)**

Назначение антенны и заземления. Типы антенн. Наружная антенна и заземление — обязательное условие для надежной работы простейшего радиоприемника.

Принципиальная схема простейшего детекторного радиоприемника. Колебательный контур — избирательный элемент приемника. Понятие о работе колебательного контура.

Детектор — полупроводниковый прибор, обладающий односторонней проводимостью тока. Сущность детектирования. Роль конденсатора, блокирующего головной телефон.

Конструкции катушек индуктивности и способы настройки колебательных контуров.

Правила радиомонтажа. Возможные неисправности в детекторном приемнике, способы их нахождения и устранения.

Практические работы. Сборка «летучей» схемы простейшего приемника и эксперименты с ним. Вычерчивание принципиальных и монтажных схем детекторных приемников.

Заготовка деталей и монтаж простейших приемников. Проверка смонтированных приемников по их принципиальным схемам. Испытание готовых приемников.

Тема 4. **Электронные лампы и полупроводниковые приборы (4 часа)**

Устройство, схематическое обозначение и принцип работы двухэлектродной электронной лампы — диода. Основные параметры и назначение диодов.

Устройство, наименование электродов, схематическое обозначение и включение триода. Основные параметры и применение триодов. Триод, как усилитель электрических колебаний.

Устройство и принцип работы тетродов и пентодов, их преимущества перед триодами.

Устройство лучевых тетродов и их применение. Понятие о выходной мощности выходных пентодов и лучевых тетродов.

Комбинированные лампы. Цоколевки и маркировки электронных ламп.

Свойства полупроводниковых материалов. Понятие о полупроводниках *n*-типа и *p*-типа.

Устройство, обозначение и принцип действия точечного и плоскостного диодов. Понятие о прямом и обратном напряжениях и токах полупроводниковых диодов. Маркировка, применение и основные параметры точечных и плоскостных полупроводниковых диодов.

Транзистор — трехэлектродный полупроводниковый прибор. Классификация, схемы включения и принцип работы транзисторов. Особенности монтажа транзисторов и работы с ними.

Пользование справочными таблицами основных параметров электронных ламп и полупроводниковых приборов.

Практические работы. Ознакомление с устройством электронных ламп и полупроводниковых приборов. Опыты, иллюстрирующие принцип работы электронных ламп и транзисторов.

Изготовление учебно-наглядных пособий «Электронные лампы», «Полупроводниковые приборы».

Тема 5. Выпрямитель (10 часов)

Преобразование переменного тока в постоянный. Однополупериодные и двухполупериодные выпрямители переменного тока. Принципиальные схемы одно- и двухполупериодных выпрямителей на электронных лампах и полупроводниковых диодах.

Назначение и принцип работы фильтра для сглаживания пульсаций выпрямленного тока. Выпрямители для питания транзисторных конструкций, для зарядки малогабаритных аккумуляторов.

Простейший расчет и изготовление силового трансформатора.

Техника безопасности при работе с выпрямителями.

Практические работы. Вычерчивание схем выпрямителей. Монтаж блоков питания конструкций, намеченных для постройки в кружке.

Тема 6. Усилители низкой частоты (10 часов)

Усилители низкой частоты и их назначение.

Принцип действия и назначение деталей однокаскадного и двухкаскадного усилителей низкой частоты на электронных лампах и транзисторах. Виды питания усилителей.

Зависимость чувствительности и выходной мощности усилителя от используемых в нем электронных ламп или транзисторов, от числа каскадов, источников питания.

Включение электродинамических громкоговорителей в цепи выходных каскадов усилителей.

Методы проверки и налаживания усилителей низкой частоты.

Принцип работы радиотрансляционного узла.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных и составление монтажных схем усилителей. Заготовка и разметка панелей, крепление деталей на них. Монтаж, испытание и налаживание усилителей низкой частоты к детекторному приемнику, для проигрывания грампластинок, для радиофикации школы (по выбору кружковцев).

Тема 7. Приемники прямого усиления (20 часов)

Блок-схема и формула приемника прямого усиления. Принцип работы усилителя высокой частоты. Электронная лампа и транзистор в роли детектора.

Способы междукаскадных связей.

Понятие о чувствительности и избирательности радиоприемника. Положительная обратная связь, ее влияние на избирательность и чувствительность приемника и способы ее осуществления.

Требования, предъявляемые к переносному транзисторному приемнику.

Принципиальные схемы и назначение деталей приемников, предполагаемых к постройке в кружке (ламповых и транзисторных — в зависимости от возможностей кружка).

Техника монтажа, испытание и налаживание приемников прямого усиления.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных схем простых приемников прямого усиления (ламповых 0-V-1, 1-V-1, транзисторных 0-V-2, 1-V-2). Подбор, заготовка и проверка деталей. Составление монтажных схем. Монтаж, испытание и налаживание приемников. Изготовление футляров для приемников.

Тема 8. Радиоспорт (2 часа)

Что такое радиоспорт и его значение. Достижения советских радиоспортсменов-ультракоротковолновиков и коротковолновиков, «охотников на лис» и многоборцев-радистов.

Принцип ведения двусторонних радиолюбительских связей. Телеграфная азбука — международный «язык» радиоспортсменов.

Как стать радиоспортсменом.

Экскурсия на коллективную радиостанцию ДОСААФ.

***

Кружок, работающий по этой примерной программе, рассчитан на учащихся восьмилетних и средних школ, не занимавшихся ранее радиолюбительством, и, следовательно, является кружком начинающих радиолюбителей. В скобках указано ориентировочное время, планируемое на каждую тему. В зависимости от состава кружка это время может быть изменено, а программа дополнена другими темами.

Имеется в виду, что занятия кружка, слагающиеся из коротких популярных бесед и практических работ, будут проводиться 1 раз в неделю по 2—3 часа каждый раз. Желательно, чтобы все конструкции, намечаемые к постройке, предварительно обсуждались на занятиях кружка. Отдельные виды практических работ могут выполняться ребятами дома.

Кружковцы, усвоившие теоретические сведения по основам электро- и радиотехники и построившие радиолюбительские конструкции, предусмотренные примерной программой, получают значки «Юный радиолюбитель» (см. в приложении «Положение о значке»). Проверка их знаний производится специальной комиссией, назначенной приказом директора школы или внешкольного учреждения.

Кроме того, значок «Юный радиолюбитель» может получить участник районной, городской или областной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ; участник соревнований по радиоспорту, проводимых во дворце или доме пионеров, в школе, на станции или в клубе юных техников, на первенство района, города, области, края или АССР, а также юный радиолюбитель, имеющий позывной коротковолновика-наблюдателя и зафиксировавший работу не менее 250 любительских радиостанций.

Может ли получить значок радиолюбитель, не занимающийся в радиокружке, но имеющий знания и навыки, предусмотренные Положением о значке «Юный радиолюбитель». Да, может. Для этого ему надо предъявить в местный радиоклуб или на станцию юных техников две-три своих конструкции и ответить на несколько вопросов по основам электро- и радиотехники.

○

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мои беседы окончены. В них я познакомил тебя с основами электро- и радиотехники, с азбукой автоматики и телемеханики, научил собирать, испытывать и налаживать разные по сложности радиотехнические приборы и устройства, рассказал о некоторых областях применения радиоэлектроники. Теперь перед тобой открылись обширнейшие перспективы совершенствования своих знаний в области радиотехники и электроники, широкий путь к активной общественной и конструкторской работе.

Очень хочется, чтобы ты свою дальнейшую радиолюбительскую деятельность связал прежде всего со своей школой. Будь организатором кружка, помоги своим товарищам стать радиолюбителями. Школа с ее мастерскими — отличнейшая база для плодотворной работы кружка. Постарайся направить самодеятельность кружка на радиофикацию школы, оснащение физического кабинета учебными и демонстрационными пособиями по радиотехнике, внедрение в жизнь школы средств автоматики.

Будь среди товарищей инициатором овладения техникой ультракоротковолновой связи. Какие заманчивые перспективы откроются перед теми, кто займется этим видом радиолюбительского спорта! А разве не увлекательно принять участие в соревнованиях ультракоротковолновиков, в «Охоте на лис»?

Каждый год проводятся выставки технического творчества школьников, радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ. Творчество школьников постоянно демонстрируется в павильоне «Юные техники» Выставки достижений народного хозяйства СССР. Эти выставки обогащают знания и опыт, расширяют круг товарищей по интересам. Стремись к тому, чтобы на них были твои работы и работы твоих товарищей.

Коммунистическая партия и Советское правительство поставили задачу шире использовать радиотехнику и электронику на производстве, в сельском хозяйстве, на транспорте, в науке и технике. Для решения этой государственной задачи, для дальнейшего прогресса отечественной радиоэлектроники нужны многочисленные кадры радиоспециалистов, поиск, массовый опыт, широкие эксперименты.

Огромную помощь в этом деле оказывало, оказывает и впредь будет оказывать радиолюбительство, которое у нас справедливо называют народной радиолабораторией. И ты можешь найти свое место в этой чудесной лаборатории.

Не исключено, что, будучи радиолюбителем, ты впоследствии станешь хорошим радиотехником, радиоинженером, изобретателем, ученым в области радио. Ты сможешь создавать совершенно новые конструкции радиоприемников и передатчиков, работающие от атомных или солнечных батарей, портативные быстродействующие электронные машины, аппаратуру для передачи энергии без проводов, приборы автоматического управления цехами, заводами, комбинатами, химическими реакциями, внутриядерной энергией.

Может быть, именно тебе предстоит быть одним из творцов фотонных или ионных ракет, которые будут летать со скоростью света, прокладывать в космосе электромагнитные дороги для межпланетных кораблей, решать другие проблемы, интересующие человечество. Сегодня это пока мечта. А завтра мечта станет реальностью, оставив далеко позади самую смелую фантазию писателей.

А если тебе и не доведется стать радиоспециалистом, то всюду, куда бы ни привела тебя жизненная дорога, ты всегда сумеешь применить на практике те знания и умение, которые тебе дало радиолюбительство. Совершенствуй свои знания, конструируй, изобретай, выдвигай смелые проекты и со всей страстью энтузиаста осуществляй их.

Помни: новые пути в науке и технике прокладывают и простые люди, практики, новаторы производства.

○

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. НОМИНАЛЫ КОНДЕНСАТОРОВ И РЕЗИСТОРОВ

Номинальные емкости неэлектролитических конденсаторов и номинальные сопротивления резисторов

Микрофарады					Пикофарады, нанофарады (тысяча *пф*), омы, килоомы, мегомы								
0,010	0,010	0,10	1,0	10	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
							1,1			11			110
	0,012					1,2	1,2		12	12		120	120
							1,3			13			130
0,015	0,015	0,15	1,5	15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
							1,6			16			160
	0,018					1,8	1,8		18	18		180	180
							2,0			20			200
0,022	0,022	0,22	2,2	22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
							2,4			24			240
	0,027					2,7	2,7		27	27		270	270
							3,0			30			300
0,033	0,033	0,33	3,3	33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
							3,6			36			360
	0,039					3,9	3,9		39	39		390	390
							4,3			43			430
0,047	0,047	0,47	4,7	47	4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
							5,1			51			510
	0,056					5,6	5,6		56	56		560	560
							6,2			62			620
0,068	0,068	0,68	6,8	68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
							7,5			75			750
	0,082					8,2	8,2		82	82		820	820
							9,1			91			910
Допустимые отклонения от номинальных величин													
±20%	±10 и 5%	±20, 10 и 5%			±20%	±10%	±5%	±20%	±10%	±5%	±20%	±10%	±5%

2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Тип диода	Максимальный выпрямленный ток $I_{выпр. макс}$, *ма*	Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$, *в*	Тип диода	Максимальный выпрямленный ток $I_{выпр. макс}$, *ма*	Максимальное обратное напряжение $U_{обр. макс}$, *в*
		Высокочастотные (точечные) диоды			
Д2Б	16	10	Д9В	54	30
Д2В	25	30	Д9Г	80	30
Д2Г	16	50	Д9Д	80	30
Д2Д	16	50	Д9Е	54	50
Д2Е	16	100	Д9Ж	38	100
Д2Ж	8	150	Д9И	80	120
Д2И	16	100	Д9К	80	60
Д9А	65	10	Д9Л	38	100
Д9Б	105	10	Д9М	80	30
		Выпрямительные (плоскостные) диоды			
Д7Б	300	100	Д226	300	400
Д7В	300	150	Д226А	300	300
Д7Г	300	200	Д226В	300	400
Д7Д	300	300	Д226Г	300	300
Д7Е	300	350	Д226Д	300	200
Д7Ж	300	400	Д226Е	300	100
Д202	400	100	Д242	10 000	100
Д203	400	200	Д242Б	5 000	100
Д204	400	300	Д243	10 000	200
Д205	400	400	Д243Б	5 000	200
Д206	100	100	Д245	10 000	300
Д207	100	200	Д246	10 000	400
Д208	100	300	Д246Б	5 000	400
Д209	100	400	Д247	10 000	500
Д210	100	500	Д247Б	5 000	600
Д211	100	600	Д302	1 000	200
Д217	100	800	Д303	3 000	150
Д218	100	1 000	Д304	5 000	100

Примечания:

Диоды Д2Б — Д2И, Д9А — Д9М, Д7Б — Д7Ж и Д303 — Д304 — германиевые, Д202 — Д211, Д217, Д218, Д226 — Д226Е, Д242 — Д243Б и Д245 — Д247Б — кремниевые.

Типы диодов серии Д9 обозначают на середине их корпусов цветными точками: Д9Б — красной, Д9В — оранжевой, Д9Г — желтой, Д9Д — белой, Д9Е — голубой, Д9Ж — зеленой, Д9И — двумя желтыми, Д9К — двумя белыми, Д9Л — двумя зелеными. Возле вывода анода — красная точка на корпусе.

Германиевые диоды могут использоваться при температуре от —60 до +70° С, а кремниевые диоды от —60 до +125° С. Данные, указанные в таблице, соответствуют примерно температуре окружающего диод воздуха от +15 до +25° С. При бóльших температурах необходимо уменьшить потребляемый выпрямленный ток и снижать обратное напряжение.

Напряжение, которое надо получить от выпрямителя, должно быть примерно вдвое меньше максимального обратного напряжения. Чтобы получить бóльшее выпрямленное напряжение, надо соответственно увеличить число диодов, включаемых в выпрямитель последовательно.

Общие указания по применению полупроводниковых диодов:

изгиб проволочных выводов и пайку производить на расстоянии не менее 10 *мм* от корпуса;

время пайки должно быть минимальным и с обеспечением теплоотвода между местом пайки и корпусом диода;

не допускать работу диодов в завышенных режимах;

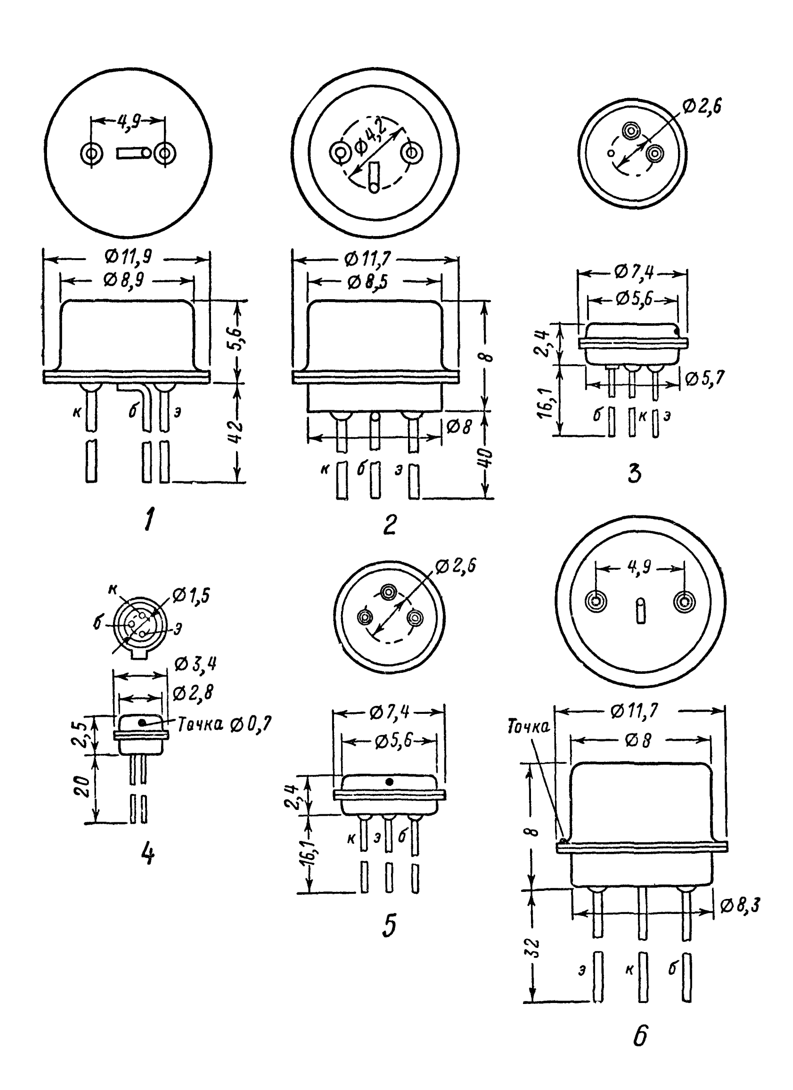
для обеспечения надежности рабочие токи и напряжения должны быть ниже максимальных.

3. ТРАНЗИСТОРЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

А. Основные параметры

Тип транзистора	Структура	Граничная частота усиления, *Мгц*	Статический коэффициент усиления по току, $B_{ст}$	Наибольший обратный ток коллектора $I_{к.о}$, *мка*	Наибольшее напряжение на коллекторе $U_{к. макс}$, *в*	Наибольший ток коллектора $I_{к. макс}$, *ма*	Наибольшая мощность рассеяния $P_{макс}$, *мвт*	Рисунки № (стр 458)
П13	*p-n-p*	0,5	12—45	30	—15	20	150	1
П13А	*p-n-p*	0,5	20—60	30	—15	20	150	1
П13Б	*p-n-p*	1,0	20—60	30	—15	20	150	1
П14	*p-n-p*	1,0	20—40	30	—15	20	150	1
П14А	*p-n-p*	1,0	20—40	30	—30	20	150	1
П14Б	*p-n-p*	1,0	30—60	30	—30	20	150	1
П15	*p-n-p*	2,0	30—60	30	—15	20	150	1
П15А	*p-n-p*	2,0	50—100	30	—15	20	150	1
П16	*p-n-p*	2,0	20—35	30	—15	50	200	1
П16А	*p-n-p*	2,0	30—50	30	—15	50	200	1
П16Б	*p-n-p*	2,0	45—100	30	—15	50	200	1
П25	*p-n-p*	0,2	10—25	60	—60	400	200	1
П25А	*p-n-p*	0,2	20—50	60	—60	400	200	1
П25Б	*p-n-p*	0,2	30—75	60	—60	400	200	1
П26	*p-n-p*	0,2	10—25	100	—100	400	200	1
П26А	*p-n-p*	0,2	20—50	100	—100	400	200	1
П26Б	*p-n-p*	0,5	30—80	100	—100	400	200	1
МП35	*n-p-n*	0,5	10—125	30	+15	20	150	2
МП36А	*n-p-n*	1,0	15—45	30	+15	20	150	2
МП37А	*n-p-n*	1,0	15—30	30	+30	20	150	2
МП37Б	*n-p-n*	1,0	25—50	30	+30	20	150	2
МП38	*n-p-n*	2,0	25—55	30	+15	20	150	2
МП38А	*n-p-n*	2,0	45—100	30	+15	20	150	2
МП39	*p-n-p*	0,5	> 12	15	—10	150	150	2
МП39Б	*p-n-p*	0,5	20—60	15	—10	150	150	2
МП40	*p-n-p*	1,0	20—40	15	—10	150	150	2
МП40А	*p-n-p*	1,0	20—40	15	—30	150	150	2
МП41	*p-n-p*	1,0	30—60	15	—10	150	150	2
МП41А	*p-n-p*	1,0	50—100	15	—10	150	150	2

Тип транзистора	Структура	Граничная частота усиления, *Мгц*	Статический коэффициент усиления по току, $B_{ст}$	Наибольший обратный ток коллектора $I_{к\ о}$, *мка*	Наибольшее напряжение на коллекторе $U_{к.\ макс}$, *в*	Наибольший ток коллектора $I_{к.\ макс}$, *ма*	Наибольшая мощность рассеяния $P_{макс}$, *мвт*	Рисунки № (стр 458)
МП42	*p-n-p*	1,0	20—35	25	—15	150	200	2
МП42А	*p-n-p*	1,0	30—50	25	—15	150	200	2
МП42Б	*p-n-p*	1,0	40—100	25	—15	150	200	2
ГТ108А	*p-n-p*	0,5	20—50	10	—10	50	75	3
ГТ108Б	*p-n-p*	1,0	35—80	10	—10	50	75	3
ГТ108В	*p-n-p*	1,0	60—130	10	—10	50	75	3
ГТ108Г	*p-n-p*	1,0	110—250	10	—10	50	75	3
ГТ109А	*p-n-p*	1,0	20—50	5	—15	20	30	4
ГТ109Б	*p-n-p*	1,0	35—80	5	—15	20	30	4
ГТ109В	*p-n-p*	1,0	60—130	5	—15	20	30	4
МП111	*n-p-n*	0,5	10—25	3	+20	20	150	2
МП111А	*n-p-n*	0,5	10—30	1	+10	20	150	2
МП111Б	*n-p-n*	0,5	15—45	3	+20	20	150	2
МП112	*n-p-n*	0,5	15—45	3	+10	20	150	2
МП113	*n-p-n*	1,0	15—45	3	+10	20	150	2
МП113А	*n-p-n*	1,2	35—105	3	+10	20	150	2
МП114	*p-n-p*	0,1	> 9	10	—60	10	150	2
МП115	*p-n-p*	0,1	9—45	10	—30	10	150	2
МП116	*p-n-p*	0,5	15—100	10	—15	10	150	2
ГТ308А	*p-n-p*	90	20—75	2	—12	50	150	5
ГТ308Б	*p-n-p*	120	50—125	2	—12	50	150	5
ГТ308В	*p-n-p*	120	80—200	2	—12	50	150	5
ГТ309А	*p-n-p*	120	20—70	5	—10	10	50	5
ГТ309Б	*p-n-p*	120	60—180	5	—10	10	50	5
ГТ309В	*p-n-p*	80	20—70	5	—10	10	50	5
П401	*p-n-p*	30	16—300	10	—10	10	100	6
П402	*p-n-p*	60	16—250	5	—10	20	100	6
П403	*p-n-p*	120	30—100	5	—10	20	100	6
П416	*p-n-p*	40	20—80	3	—12	25	100	6
П416А	*p-n-p*	60	60—125	3	—12	25	100	6
П416Б	*p-n-p*	80	90—250	3	—12	25	100	6
П422	*p-n-p*	60	24—100	5	—10	10	50	6
П423	*p-n-p*	120	24—100	5	—10	10	50	6


4,9
Ø11,9
Ø8,9
5,6
42
к
б
э
1
Ø4,2
Ø11,7
Ø8,5
8
Ø8
40
к
б
э
2
Ø2,6
Ø7,4
Ø5,6
2,4
16,1
Ø5,7
б
к
э
3
к
Ø1,5
б
э
Ø3,4
Ø2,8
2,5
Точка Ø0,7
20
4
Ø2,6
Ø7,4
Ø5,6
2,4
16,1
к
э
б
5
4,9
Точка
Ø11,7
Ø8
8
Ø8,3
32
э
к
б
6

4. ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ

А. Приемно-усилительные лампы

Обозначение	Тип лампы	Схема и цоколевка № (стр. 461, 462)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Выходная мощность, *вт*
6А2П	Гептод-преобразователь	1	6,3	0,3	250	100	—1,5	3,0	7,0	—
6А7	То же	2	6,3	0,3	250	100	0	3,5	9,0	—
6А8	» »	3	6,3	0,3	250	100	—3,0	3,3	2,7	—
6А10С	» »	2	6,3	0,3	250	100	0	3,5	9,0	—
6Б2П	Диод-пентод в. ч.	4	6,3	0,3	250	100	—1,5	6,5	1,8	—
6Б8С	То же	5	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,0	2,3	—
6Г1	Двойной диод-триод н. ч.	6	6,3	0,3	250	—	—9,0	9,5	—	—
6Г2	То же	6	6,3	0,3	250	—	—2,0	1,1	—	—
6Г7	» »	7	6,3	0,3	250	—	—3,0	1,1	—	—
6Е1П	Электронно-световой индикатор	8	6,3	0,3	100	—	—2,0	2,0	—	—
6Е3П	То же	9	6,3	0,27	250	—	—	0,35	—	—
6Е5С	» »	10	6,3	0,3	250	—	—4,0	5,3	—	—
6Ж1П	Пентод в. ч.	11	6,3	0,175	120	120	—2,2	7,5	3,5	—
6Ж2П	То же	12	6,3	0,175	250	120	—2,0	5,5	5,5	—
6Ж3	» »	13	6,3	0,3	250	150	—1,0	10,8	4,0	—
6Ж3П	» »	11	6,3	0,3	250	150	—1,7	7,0	2,0	—
6Ж4П	» »	14	6,3	0,3	250	150	—1,0	10,8	4,3	—
6Ж5П	» »	14	6,3	0,45	300	150	—1,9	10,0	2,5	—
6Ж6С	» »	15	6,3	0,5	250	100	—2,4	10,0	2,5	—
6Ж7	» »	15	6,3	0,3	250	100	—3,0	2,1	0,6	—
6Ж8	» »	16	6,3	0,3	250	100	—3,0	3,0	0,8	—
6Ж9П	» »	17	6,3	0,3	150	150	—1,0	15,5	5	—
6И1П[1]	Триод-гептод-преобразователь	18	6,3	0,3	100/250	—/100	—10/—2	5/3,3	—/6,0	—
6К1П	Пентод в. ч.	11	6,3	0,15	250	100	—3,0	6,7	2,7	—
6К3	То же	16	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,2	2,5	—
6К4	» »	13	6,3	0,3	250	100	—1,0	11,8	4,4	—
6К4П	» »	14	6,3	0,3	250	100	—1,0	11,0	4,2	—
6К7	» »	15	6,3	0,3	250	100	—3,0	7,0	1,7	—
6К9С	» »	15	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,2	2,5	—
6Н1П	Двойной триод н. ч.	19	6,3	0,3	250	—	—4,8	8,0	—	—
6Н2П	То же	19	6,3	0,3	250	—	—1,5	2,3	—	—
6Н3П	» »	20	6,3	0,35	150	—	—1,9	7,7	—	—
6Н4П	» »	21	6,3	0,3	250	—	—3,3	3,0	—	—
6Н5П	» »	21	6,3	0,6	200	—	—4,8	8,0	—	—
6Н5С	» »	22	6,3	2,5	135	—	—27,0	110	—	—

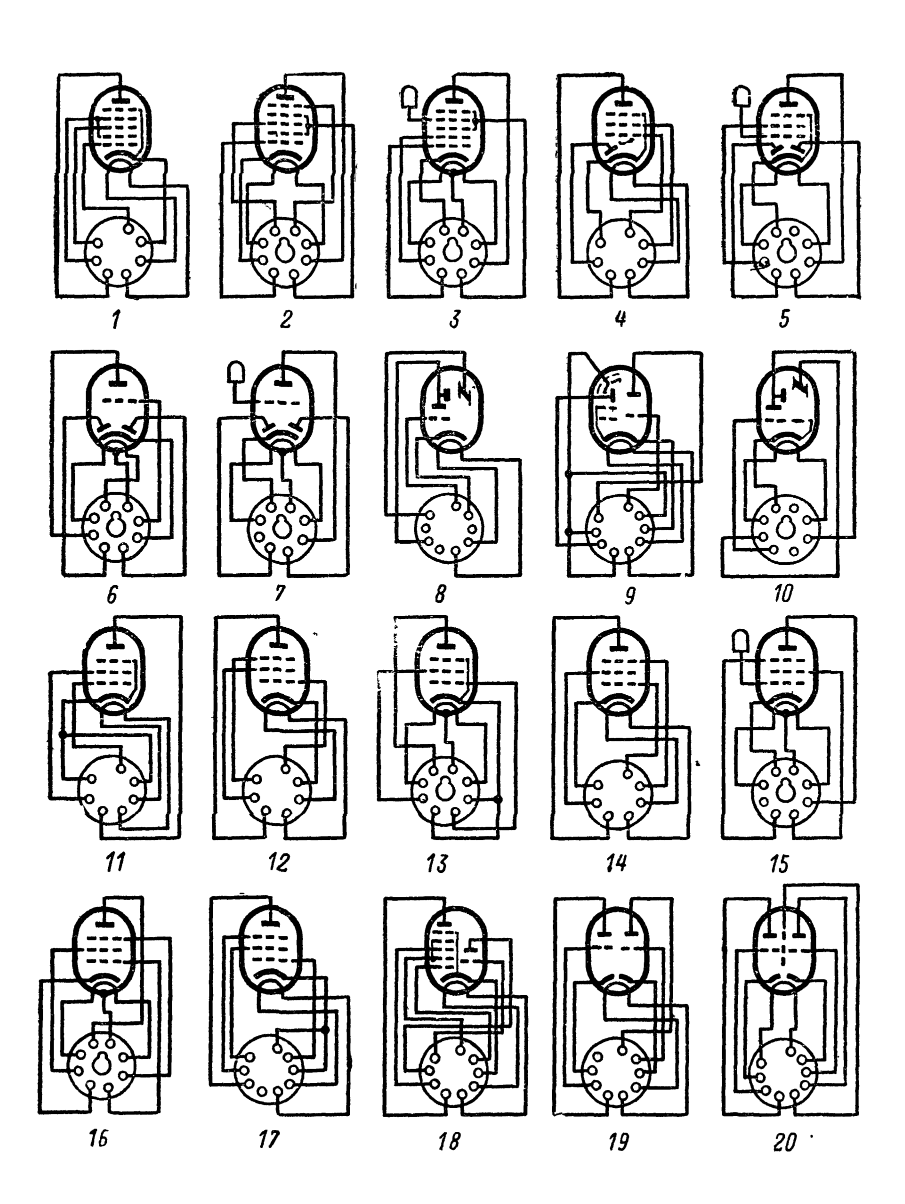
[1] В числителе указаны параметры для триодной части, в знаменателе — для гептодной.

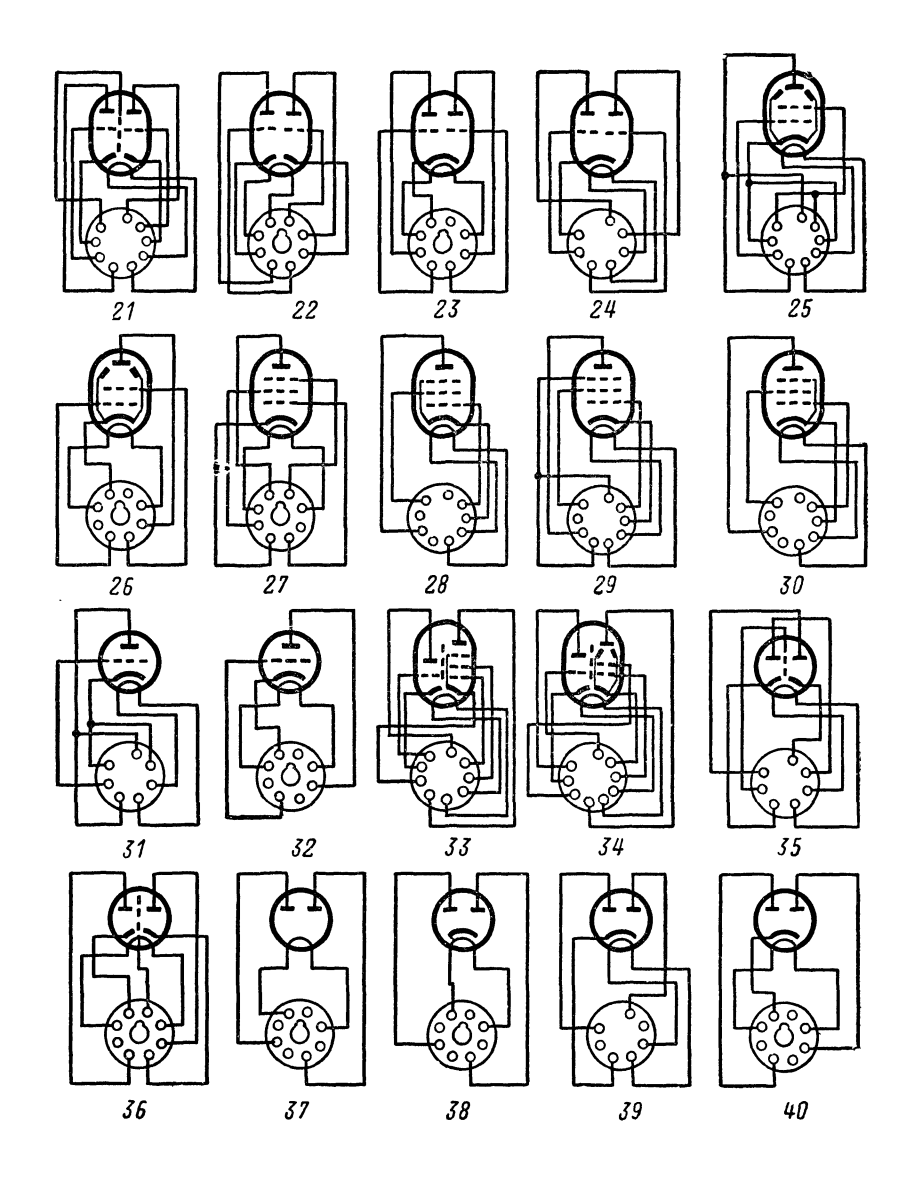
Обозначение	Тип лампы	Схема и цоколевка № (стр. 461, 462)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Выходная мощность, *вт*
6Н7С	Двойной триод н. ч.	23	6,3	0,81	300	—	—6,0	3,5	—	—
6Н8С	То же	22	6,3	0,3	250	—	—8,0	9,0	—	—
6Н9С	» »	22	6,3	0,3	250	—	—2,0	2,3	—	—
6Н15П	» »	24	6,3	0,45	100	—	—2,0	9,0	—	—
6П1П	Лучевой тетрод	25	6,3	0,45	250	250	—12,5	45,0	7,0	3,8
6П3С	То же	26	6,3	0,9	250	250	—14,0	72,0	8,0	5,4
6П6С	» »	26	6,3	0,45	250	250	—12,5	45,0	7,5	3,6
6П9	Выходной пентод	27	6,3	0,65	300	150	—3,0	30,0	6,5	2,4
6П14П	То же	28	6,3	0,75	250	250	—6,0	48,0	5,4	4,5
6П15П	» »	29	6,3	0,75	300	150	—2,5	30,0	4,5	4,5
6П18П	» »	30	6,3	0,76	170	170	—6,0	50,0	8,0	3,0
6С1П	Триод в. ч.	31	6,3	0,15	250	—	—7,0	6,1	—	—
6С2С	То же	32	6,3	0,3	250	—	—8,0	9,0	—	—
6С5С	» »	32	6,3	0,3	250	—	—8,0	8,0	—	—
6Ф1П[2]	Триод-пентод в. ч.	33	6,3	0,43	100/170	—/170	—2,0/—2,0	13,0/10,5	—/4	—
6Ф3П[2]	Триод-пентод н. ч.	34	6,3	0,85	100/170	—/170	—1,5/—11,5	2,5/41	—/14	—

[2] В числителе указаны параметры для триодной части, в знаменателе — для пентодной.

Б. Выпрямительные лампы

Обозначение	Тип лампы	Схема и цоколевка № (стр. 462)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Наибольшее допустимое напряжение на аноде каждого диода, *в*	Наибольший выпрямленный ток, *ма*
6Х2П	Двойной диод	35	6,3	0,3	Используют для детектирования	
6Х6С	То же	36	6,3	0,3	То же	
5Ц3С	Двуханодный кенотрон	37	5,0	3,0	400	225
5Ц4С	То же	38	5,0	2,0	400	125
6Ц4П	» »	39	6,3	0,6	300	75
6Ц5С	» »	40	6,3	0,6	300	75


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20


21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

5. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Тип	Торговое наименование	Начальное напряжение, *в*	Начальная емкость, *а · ч*	Сопротивление внешней цепи, *ом*	Сохранность, мес.
1,28-НВМЦ-525п	«Экран»	1,28	525	2	15
1,3-НВМЦ-75	«Прибой»	1,3	75	4,5	12
1,3-НВМЦ-150	—	1,3	150	5	15
1,3-ФМЦ-0,25	Элемент 332 (ФБС-0,25)	1,3	0,25	20	4
1,46-НМЦ-60ч	Накал «Воронеж»	1,46	60	3	12
1,5-СНМЦ-0,6	Накал «Слух»	1,5	0,6	25	6
—	Элемент 316	1,5	0,6	10	6
—	Элемент 343	1,5	1,75	10	12
1,58-СНМЦ-2,5	Накал «Звук»	1,58	2,5	10	10
1,6-ФМЦ-У-3,2	«Сатурн»	1,6	3,2	10	12
—	Элемент 373 («Марс»)	1,55	6,5	10	12
3,7-ФМЦ-0,5	КБС-Л-0,50	3,7	0,5	10	6
4,1-ФМЦ-0,7	КБС-Х-0,70	4,1	0,7	10	8
5,6-НМЦГ-22ч	«Рассвет»	5,6	22	75	18
—	«Крона 1Л»	9	0,2	—	6
—	«Крона ВЦ»	9	0,6	—	6
65-АНМЦ-1,3п	«Тула», «Заря»	Анод—65 Накал—2,5	1,3 29,5	4 680 20	15
68-АМЦ-Х-0,6	—	68	0,6	4 680	12
70-АМЦГ-5	«Дружба»	70	5,0	1 000	15
100-АМЦГ-У-2,0	—	100	2,0	7 000	15
102-АМЦ-У-1,0	—	102	1,0	7 000	15
102-АМЦГ-1,2	—	102	1,2	7 000	12

6. МАЛОГАБАРИТНЫЕ АККУМУЛЯТОРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Тип	Напряжение, *в*	Емкость, *а·ч*	Рекомендуемый ток разряда, *ма*	Рекомендуемый ток заряда, *ма*		
				20 *ч*	15 *ч*	10 *ч*
Д-0,06	1,2—1,6	0,06	6—12	4	6	9
Д-0,1	1,2—1,6	0,1	10—20	7	10	15
Д-0,25	1,2—1,6	0,25	25—50	15	25	35
7Д-0,1	8,75	0,1	10—20	7	10	15
10Д-0,25	12,5	0,25	25—50	20	25	40

7. ТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ ЛАМПОВЫХ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ И РАДИОЛ

Приемник	Сердечник	Сетевая обмотка		Повышающая обмотка		Обмотка накала ламп		Обмотка накала кенотрона	
		Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
АРЗ-54	Ш24×30	693+520	0,27+0,23	1330	0,15	39	0,8	40	0,51
«Баку»	Ш32×48	363+56+307	0,51+0,51+0,33	830×2	0,2	24	1,0	19	1,0
«Балтика М-254»	Ш30×34	2×(397+62)	0,31	920×2	0,2	26	0,74	20	0,7
«Беларусь»	Ш32×80	2×(310+50)	0,51	955×2	0,35	20	1,4	16	1,25
«ВЭФ-Аккорд»	—	2×(392+62)	0,31	900×2	0,2	26	0,74	20	0,74
«ВЭФ-М557»	—	372+58+315	0,5+0,5+0,35	1 060×2	0,16	22	0,9	18	0,8
«Даугава»	Ш35×38	2×(365+56)+335[1]	0,35+0,2	870×2	0,2	23	1,0	18	1,0
«Днепропетровск»	Ш22×40	415+61+344	0,51+0,35	960×2	0,2	23	1,16	19	1,08
«Минск-55»	—	2×(230+38)	0,51	550×2	0,25	14,5	1,25	11	1,25
«Москвич-3»	Ш16×35	667+490	0,35+0,25	1 250	0,15	38	0,83	38	0,45
«Нева-55»	Ш32×52	2×(368+57)	0,51	960×2	0,25	23	1,25	18	1,0
«Огонек»	Ш22×44	600+440	0,35+0,25	965	0,15	34	0,87	34	0,49
«Октава», «Комета», «Волга»	Ш32×30	2×(534+82)	0,31	1 230	0,2	35	0,51	—	—
«Рекорд-53М»	—	665+72+583	0,12	1 250	0,15	42	0,93	42	0,51
«Стрела»	Ш22×32	780+600	0,31+0,2	1 270	0,2	44[2]	1,0	—	—
«Урал-53»	Ш32×39	2×(400+60)	0,31	1 200×2	0,2	21	1,0	19	0,8
«Чайка»	УШ26×52	2×(315+48)	0,41	780×2	0,2	20	1,0	16	0,86
«Электросигнал-2»	Ш30×42	2×(400+60)	0,33	865×2	0,18	23	1,0	20	0,93

[1] Секция для питания электродвигателя радиолы.
[2] Обмотка используется и для питания нити накала кенотрона.

8. Электродинамические громкоговорители

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *вт*	Рабочий диапазон частот, *гц*	Сопротивление звуковой катушки, *ом*	Диаметр, *мм*
0,025ГД-2	0,025	1 000—3 000	60,0	40
0,05ГД-1	0,05	700—2 500	60,0	40
0,05ГД-2	0,05	700—2 500	6,5	40
0,1ГД-3М	0,1	630—3 150	10,0	50
0,1ГД-6	0,1	450—3 150	10,0	60
0,1ГД-9	0,1	450—3 150	60,0	50
0,1ГД-12	0,1	450—3 150	10,0	60
0,25ГД-1	0,25	315—3 550	10,0	70
0,25ГД-2	0,25	315—7 000	10,0	70
0,5ГД-10	0,5	200—6 300	6,5	105
0,5ГД-12	0,5	200—6 300	6,5	105
0,5ГД-17 *	0,5	315—5 000	8,0	106×70
0,5ГД-20	0,5	315—5 000	8,0	80
0,5ГД-21	0,5	315—7 000	8,0	80
1ГД-3	1,0	500—16 000	12,5	70
1ГД-4 *	1,0	100—10 000	8,0	150×100
1ГД-5	1,0	125—7 100	6,5	126
1ГД-18 *	1,0	100—10 000	6,5	156×98
1ГД-19 *	1,0	100—10 000	6,5	156×98
1ГД-28 *	1,0	100—10 000	6,5	156×98
2ГД-19М	2,0	100—10 000	4,5	152
2ГД-28	2,0	100—10 000	4,5	152
2ГД-35	2,0	80—12 500	4,5	152
3ГД-1	3,0	200—5 000	8,0	150
4ГД-4	4,0	63—12 500	8,0	202
4ГД-5	4,0	63—12 500	8,0	202
4ГД-7	4,0	63—12 500	4,5	202
4ГД-9 *	4,0	100—8 000	4,5	204×134
4ГД-28	4,0	63—12 500	4,5	202

Примечание. Звездочкой отмечены громкоговорители с эллиптическими (овальными) диффузорами.

9. ПОЛОЖЕНИЕ О ЗНАЧКЕ «ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ»

1 Значок «Юный радиолюбитель» учрежден ЦК ДОСААФ СССР для поощрения учащихся восьмилетних и средних школ, посвящающих свой досуг изучению радиотехники и радиоспорту.

2. Для получения значка «Юный радиолюбитель» нужно:

овладеть теоретическими знаниями и практическими навыками, предусмотренными «Примерной программой кружка по подготовке значкистов «Юный радиолюбитель»,

или

быть участником районной, городской или областной выставки творчества радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ,

или

занять 1—3 место на соревнованиях по радиоспорту в школе, на станции или в клубе юных техников, во дворце или доме пионеров,

или

быть участником районных или городских соревнований по радиоспорту и занять на них не более чем 10-ое место,

или

иметь позывной коротковолновика-наблюдателя и провести не менее 250 наблюдений за работой любительских радиостанций.

3. Значок «Юный радиолюбитель» выдается за плату районными и городскими комитетами ДОСААФ по представлению радиоклубов, спортивно-технических клубов, руководителей школ и внешкольных учреждений, судейских коллегий соревнований по радиоспорту, организационных комитетов радиовыставок.

4. Юные радиолюбители, получившие значок, имеют право:

быть принятыми в члены юношеских секций радиоклубов ДОСААФ;

пользоваться преимуществами при поступлении в юношеские спортивные школы ДОСААФ;

пользоваться измерительными приборами в лабораториях радиоклубов ДОСААФ,

руководить школьными кружками начинающих радиолюбителей.

10. МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

В нашей стране во всех областях науки, техники и народного хозяйства, а также при преподавании в учебных заведениях вводится Международная система единиц физичсских величин, именуемая сокращенно СИ. В ближайшее время вся научно-техническая справочная и учебная литература будет выпускаться только в единицах системы СИ.

Система СИ строится на основных и производных единицах, некоторые из которых, наиболее важные для электро- и радиотехники, их наименования и обозначения приведены в табл. 1 и 2. Основной единицей длины, например, является метр (русское обозначение — м, международное — m), массы (вместо «веса») — килограмм (обозначают кг или kg), силы электрического тока — ампер (A). К числу производных относятся, например, герц (обозначают Гц или Hz) — единица частоты, ватт (Вт или W) — единица мощности, фарада (Ф или F) — единица электрической емкости, ом (пишут Ом, или Ω) — единица электрического сопротивления. Обозначения единиц, получивших наименование в честь ученых, например, ампер, вольт, ом, генри, пишут с заглавной (прописной) буквы (А, В, Ом, Г).

Чтобы упростить написание и чтение численных величин, значение которых во много раз больше или меньше основной или производной единицы, введены десятичные кратные и дольные (дробные) приставки, характеристики которых приведены в табл. 3. Система СИ включает шесть кратных (дека, гекто, кило, Мега, Гига, Тера) и восемь дольных (деци, санти, милли, микро, нано, пико, фемто, атто) приставок. Некоторые из них, как-то: кило, Мега, милли, микро известны давно и широко используются на практике. Другие, как, например, нано, Тера, пока что мало известны. Приставки гекто, дека, деци и санти применяют только

в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших распространение, например: гектар, декалитр, дециметр, сантиметр.

Несколько примеров написания некоторых электрических величин в единицах системы СИ:

5 мегагерц — 5 МГц, или 5 MHz,
100 килоом — 100 кОм, или 100 kΩ,
220 вольт — 220 В, или 220 V,
10 микрофарад — 10 мкФ, или 10 μ F,
75 ватт — 75 Вт, или 75 W.

Обозначения величин могут быть только русскими или только международными. Смешение русских и международных сокращенных обозначений не допускается.

Таблица 1

Основные единицы системы СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура Кельвина	кельвин	К	K
Сила света	кандела	кд	cd

Таблица 2

Производные единицы системы СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Частота	герц	Гц	Hz
Мощность	ватт	Вт	W
Количество электричества, электрический заряд	кулон	Кл	C
Электрическое напряжение, потенциал, э. д. с.	вольт	В	V
Электрическая емкость	фарада	Ф	F
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω
Электрическая проводимость	сименс	См	S
Магнитная индукция	тесла	Т	T
Индуктивность, взаимная индукция	генри	Г	H
Мощность электрической цепи:			
активная	ватт	Вт	W
реактивная	вар	вар	var
полная	вольт-ампер	В · А	V · A
Сила, сила тяжести	ньютон	Н	N
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж	J
Световой поток	люмен	Лм	lm

Таблица 3

Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Отношение к основной или производной единице	Приставка		
	Наименование	Сокращенное обозначение	
		русское	международное
1 000 000 000 000 = 10^{12}	Тера	Т	T
1 000 000 000 = 10^{9}	Гига	Г	G
1 000 000 = 10^{6}	Мега	М	M
1 000 = 10^{3}	кило	к	k
100 = 10^{2}	гекто	г	h
10 = 10^{1}	дека	да	da
0,1 = 10^{-1}	деци	д	d
0,01 = 10^{-2}	санти	с	c
0,001 = 10^{-3}	милли	м	m
0,000001 = 10^{-6}	микро	мк	μ
0,000 000 001 = 10^{-9}	нано	н	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	пико	п	p
0,000 000 000 000 001 = 10^{-15}	фемто	ф	f
0,000 000 000 000 000 001 = 10^{-18}	атто	а	a

11. СИСТЕМА СОКРАЩЕННОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ НОМИНАЛЬНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ РЕЗИСТОРОВ И ЕМКОСТЕЙ КОНДЕНСАТОРОВ

По этой системе номиналы резисторов и конденсаторов обозначают буквенными и цифровыми знаками.

1. Единицу сопротивления *ом* сокращенно обозначают буквой Е, килоом — буквой К, мегом — буквой М. Сопротивления резисторов от 100 до 910 *ом* выражают в долях килоома, а сопротивления от 100 000 до 910 000 *ом* — в долях мегома.

Если номинальное сопротивление резистора выражают целым числом, то буквенное обозначение единицы измерения ставят после этого числа, например: 33Е (33 *ом*), 47К (47 *ком*), 1М (1 *Мом*).

Если сопротивление резистора выражают десятичной дробью меньше единицы, то буквенное обозначение единицы измерения располагают перед числом, например: К22 (220 *ом*), М47 (470 *ком*).

Выражая сопротивление резистора целым числом с десятичной дробью, целое число ставят впереди буквы, а десятичную дробь — после буквы, символизирующей единицу измерения (буква заменяет запятую после целого числа). Примеры. 1Е5 (1,5 *ом*), 2К2 (2,2 *ком*), 1М5 (1,5 *Мом*).

2. Номинальные емкости конденсаторов до 91 *пф* выражают в пикофарадах, используя для обозначения этой единицы емкости букву П. Емкости от 100 до 9100 *пф* выражают в долях нанофарады (1 *нф* = 1000 *пф* или 0,001 *мкф*), а от 0,01 до 0,091 *мкф* в нанофарадах, обозначая нанофараду буквой Н. Емкости от 0,1 *мкф* и больше выражают в микрофарадах, используя для обозначения этой единицы емкости букву М.

Если емкость конденсатора выражают целым числом, то буквенное обозначение емкости ставят после этого числа, например. 12П (12 *пф*), 15Н (15 *нф* = = 15000 *пф* или 0,015 *мкф*), 10М (10 *мкф*).

Чтобы номинальную емкость конденсатора выразить десятичной дробью, буквенное обозначение единицы емкости располагают перед числом. Н15 (0,15 *нф* = = 150 *пф*), М22 (0,22 *мкф*).

Для выражения емкости конденсатора целым числом с десятичной дробью буквенное обозначение единицы емкости ставят между целым числом и десятичной дробью, заменяя ею запятую, например: 1П2 (1,2 *пф*), 4Н7 (4,7 *нф* = 4700 *пф*), 1М5 (1,5 *мкф*).

12. СПРАВКИ

Центральные станции юных техников союзных республик

РСФСР — Москва, А-55, Тихвинская ул., 39.
Украинской ССР — Киев, 1, Абонементный ящик, 74.
Белорусской ССР — Минск, Красноармейская ул., 15.
Узбекской ССР — Ташкент, ул. Энгельса, 10.
Казахской ССР — Алма-Ата, 40, пр. Ю. Гагарина,135 а.
Грузинской ССР — Тбилиси, 6, пр. А. Церетели, 1.
Азербайджанской ССР — Баку, ул. Сурена Осипяна, 3.
Латвийской ССР — Рига, ул. Екабпилс, 19 а.
Литовской ССР — Вильнюс, пр. Ленина, 34.
Киргизской ССР — Фрунзе, ул. Белинского, 2.
Таджикской ССР — Душанбе, 13, Проезд юных натуралистов, 6.
Армянской ССР — Ереван, Главный почтамт, почтовый ящик 59.
Туркменской ССР — Ашхабад, Первомайская ул., 14.

Центральные радиолюбительские организации

Центральный комитет ДОСААФ (отдел радиоподготовки и радиоспорта) Центральный радиоклуб СССР — Москва, Д-362, Волоколамское шоссе, 88.

Редакции популярных научно-технических журналов

«Юный техник» — Москва, К-104, Спиридоньевский пер., 5. «Радио» — Москва, К-51, Петровка, 26. «Моделист-конструктор», «Техника — молодежи» — Москва, А-55, Сущевская ул., 21. «Знание — сила» — Москва, Ж-68, 3-й Автозаводский пр., 13.

Как выписать книги по радиотехнике

Книги, выходящие массовыми тиражами, высылают магазины «Книга-почтой» или «Военная книга-почтой», имеющиеся в республиканских, краевых и областных центрах СССР. Адреса магазинов «Книга-почтой» и «Военная книга-почтой» можно узнать в местных почтовых отделениях.

Издательства литературу не высылают.

Откуда можно выписать радиотовары

Радиотовары высылают Центральная торговая база «Союзпосылторг» и ее отделения, имеющиеся в республиканских, краевых и областных центрах СССР.

Адрес Центральной торговой базы «Союзпосылторга»: Москва, Е-126, Авиамоторная ул., 50.

Прейскуранты товаров, высылаемых Центральной торговой базой «Союзпосылторга» и ее отделениями, имеются для ознакомления в почтовых отделениях.

Где получить консультацию

По вопросам организации и содержания работы кружков юных радиолюбителей следует обращаться в местные Дворцы и Дома пионеров и школьников, на областные, краевые, республиканские (АССР) и Центральные станции юных техников. Там же можно получить устную консультацию по конструированию и налаживанию различной радиоаппаратуры.

Платную письменную консультацию по различным радиотехническим вопросам, в том числе разъяснения работы отдельных узлов радиоаппаратуры, советы по ее налаживанию, дает радиотехническая консультация Центрального радиоклуба СССР (Москва, К-12, ул. Разина, 9).

Консультация Центрального радиоклуба СССР, кроме того, по предварительным заявкам производит радиотехнические расчеты, высылает фотокопии из журналов «Радио», из книг и брошюр, выпускаемых издательствами «Энергия» (выпуски «Массовой радиобиблиотеки») и ДОСААФ.

СОДЕРЖАНИЕ

1р. 79к.